Phys. sp. 453 h

Mayer

Rec. ALZ. 1793. II. (№ 119. den 24. April.) S. 210 – 212.

Gyn. f. 126ª
m̄
R

Ueber die Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs

von

Johann Tobias Mayer
Hofrath und Prof. der Math. und Naturlehre
zu Erlangen.

Erlangen
bey Johann Jakob Palm. 1791.

J. W. Ritter

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Vorbericht.

Fortgesetzte Untersuchungen über die Art der Mittheilung und Vertheilung des Wärmestoffs in Körpern, müssen ohnstreitig vieles beytragen, endlich einmal die Frage zu entscheiden, ob dieses Flußdum würklich eine chemische Verbindung mit Körpern eingehen könne, oder vielmehr alle Erscheinungen nur allein als Modificationen freyer Wärme betrachtet werden müssen? Der letztern Meinung ist bekanntlich Crawford zugethan. Mir ist es aber immer vorgekommen, als wenn in dieser Lehre noch viel Zweydeutigkeit, in Ansehung des wahren Begriffs von freyer und gebundener Wärme, herrsche. Auch haben mich mehrere um Erläuterungen

dessen,

dessen, was Crawford in seinem Werke unter dem niedrigsten Grade der Wärme verstehe, und in wie ferne die Bestimmung desselben, die Frage entscheide, ob Wärmestoff chemisch mit Körpern verbunden werden könne, angesucht. Betrachtungen hierüber haben die Grundlage zu gegenwärtiger Schrift gegeben. Die Ausführung leitete mich aber auf mehrere damit verwandte Untersuchungen, welche zur Erläuterung der Gesetze des Wärmestoffs und seiner Modificationen dienen können, mir aber bisher nicht hinlänglich erörtert zu seyn schienen. Hieher rechne ich auch, was ich am Ende dieses Buchs von der Leitungskraft der Körper für die Wärme, beygebracht habe, wobey ich glaube, ein Gesetz bemerkt zu haben, welches durch mehrere Untersuchungen bestätigt zu werden verdient, weil sich Folgerungen dar-

aus herleiten lassen, die mir in der Lehre vom Wärmestoffe sehr wichtig zu seyn scheinen.

Daß ich ein Antiphlogistiker bin, wird aus dem, was ich gelegentlich über Lavoisiers Theorie beygebracht habe, erhellen. Man wird mir wohl zutrauen, daß ich es nicht deswegen bin, weil L. System neu ist, und jetzt Aufsehen erregt. Ich würde sehr gerne die alte Lehre beybehalten, wenn man mir einen einzigen unzweydeutigen, und völlig entscheidenden Versuch über die Existenz des Phlogistons anführen, oder mir beweisen könnte, daß durch dieses Princip die Erscheinungen leichter erklärt würden, als durch Lavoisiers System. Allein je mehr ich die so häufig angegebenen scheinbaren Gründe für das Phlogiston analysire, desto weni-

ger finde ich sie befriedigend, die neue Lehre hingegen immer einfacher und schöner.

Es ist wider den Zweck einer Vorrede, in ihr weitläuftig von dem Inhalte einer Schrift zu reden, wozu sie gehört. Ich breche also hier ab, und hoffe, daß Kenner von selbst finden werden, was mir eigen ist.

Erlangen im May 1791.

Johann Tobias Mayer.

1. Wenn man sich den Wärmestoff als ein sehr feines elastisches Fluidum gedenken will, welches, der Analogie zu folge, auch Verbindungen mit Körpern eingehen kann, so muß man sich von der Art, wie er in eine körperliche Substanz aufgenommen wird, eine doppelte Vorstellung machen.

2. Einmal wird er, als ein materieller Stoff, von den Theilchen des Körpers, in den er strömt, bald mehr, bald weniger angezogen, d. h. er folgt den Gesetzen der Verwandschaft, und hängt sich an diese Theilchen.

3. Ist diese Verbindung so innig, daß er dadurch seiner vorigen Elasticität, d. i. seines Bestrebens aus Körpern in Körper über-

zuströmen, sich unter den gehörigen Umständen zu verbreiten, mitzutheilen, und ins Gleichgewicht zu versetzen, gänzlich beraubt wird, so heißt man ihn in diesem Fall gebunden, oder auch chemisch mit dem Körper vereinigt, und stellt sich ihn nun eben so unfähig und kraftlos vor, seine sinnlichen Eigenschaften zu äussern, als es die Säure in einem Neutralsalze, oder in dem Zucker ist, so lange sie mit dem Alkali oder andern Stoffen in chemischer Verbindung steht. So wenig sie sich nämlich alsdann, als *Säure*, darstellen, und dem Geschmacke offenbaren kann, eben so wenig vermag der Wärmestoff sich in seinem *eigenthümlichen Charakter* zu zeigen, d. h. *in das Thermometer überzuströmen*, oder auf die Werkzeuge unserer Sinne zu wirken, und so das Gefühl der Wärme zu erregen, wenn seine Kraft, so zu sagen, auf einen andern Gegenstand, oder auf eine gewisse Modifikation desselben, sich zu verwenden genöthigt wird.

4. Nun existirt aber unstreitig Wärmestoff in Körpern, auch im freyen Zustande, d. h. in einem Zustande, wo ihn keine Verbindung fesselt, *den Gesetzen der Elasticität* zu folgen, und nach Beschaffenheit der Umstände, sowohl auf das Thermometer als auf die Werkzeuge unserer Sinne zu würken.

5. Nach den Gesetzen dieser Elasticität verbreitet er sich in alle Zwischenräume eines Körpers, die für ihn offen stehen, erfüllt und durchströmt sie in einer längern oder kürzern Zeit, je nachdem sie durch ihre Form und Beschaffenheit ihm mehr oder weniger Hindernisse entgegen setzen, und je nachdem der Ueberschuß seiner Elasticität, über die des in dem Körper bereits vorhandenen Wärmestoffs, größer oder geringer ist. So bald aber ein Gleichgewicht der Wärme in einem System neben einander befindlicher Körper vorhanden ist, d. h. die Körper sich in einem solchen Zustande befinden, daß kein Theil der Wärme aus einem in den andern mehr überzuströmen vermag, so müssen die in einer jeden Masse aufgenommene Quantitäten freyer Wärmematerie, sich durchaus in einem gleich großen Zustande der Spannung (oder Temperatur) befinden, weil, so bald diese Spannung der Wärme in irgend einem Körper größer als in dem andern wäre, so gleich ein Theil derselben, in denjenigen Körper überströmen müßte, in welchem sie einen geringern Gegendruck oder Widerstand der Wärme antrift, welches alles aus den Gesetzen des Gleichgewichts elastisch flüssiger Substanzen vollkommen klar ist.

6. In diesem Streben nach Gleichgewicht besteht der *eigenthümliche Charakter des freyen, beweglichen*, oder *ausdehnbaren* Wärmestoffes. Ob dies Bestreben groß oder klein sey, kümmert uns jetzt nicht, weil dies von allerley hernach zu erörternden Umständen abhängt. Gebundener oder fester Wärmestoff hat aber dies Bestreben gar nicht mehr. Er macht gleichsam einen *permanenten* oder *constituirenden* Bestandtheil des Körpers aus, worinn er durch Verwandschaft gebunden ist, kann sich *nie* blos durch *seine ausdehnende Kraft* aus dem Körper entfernen, wenn er auch in ein absolut kaltes Medium versetzt würde, und erhält seine Würksamkeit nicht eher, als bis er durch eine Art chemischer Scheidung vermittelst eines gegenwürkenden Mittels, von den Theilen des Körpers, an die er gefesselt ist, wiederum losgemacht wird. Dann erhält er den Namen eines *entbundenen* oder *frey gewordenen* Wärmestoffes, in so fern er mit dieser Entbindung zugleich seine Ausdehnbarkeit wieder erhält, und mit ihr, Beweglichkeit von dem Orte wo er eine größere Spannung hat, nach demjenigen, wo er eine geringere antrift.

7. Ob es in der That Wärmestoff in einem solchen gebundenen, oder festen Zustand giebt,

giebt, läßt sich durch Versuche schwer entscheiden. Aber die Analogie könnte es vermuthen lassen, so bald man sich die Erscheinungen der Wärme, als Würkungen eines eigenen ausdehnbaren flüssigen Stoffes, und nicht blos als eine Kraft oder Eigenschaft der Körper gedenkt, die etwa in der schwingenden Bewegung ihrer Theilchen bestände.

8. Die meisten Naturlehrer haben sich aber gegenwärtig darinn vereinigt, und Crawford selbst, ohngeachtet er an verschiedenen Orten seines Buches erinnert, daß seine Versuche als Thatsachen, bey einer jeden Theorie beständen, ist der Meinung*, daß man sehr viele Schwierigkeiten finden würde, wenn man unterschiedene Erscheinungen der Wärme mit der Behauptung vereinigen wollte, daß die Wärme blos eine Modification der Körper, eine Schwingung ihrer Theilchen und also nicht die Wirkung einer eigenen Substanz sey, die die Körper durchdringt und ausdehnt. Nach der Theorie der Schwingungen lasse sich nicht leicht begreifen, wie die Wärme beym Schmelzen, Ausdünsten und Verbrennen eingeschluckt werden könne, durch das Athemhohlen die Menge derselben vermindert, und die im Blute vermehrt werde, ohne daß eine empfindbare Wärme oder Kälte hervorge-

*) S. Crawf. S. 337.

gebracht werde u. dgl. Daß hingegen alle Erscheinungen auf eine sehr leichte Art sich erklären liessen, wenn man die Wärme als eine eigene Substanz, oder als ein Element von eigener Beschaffenheit (sui generis) betrachtete.

Wenn sie aber das ist, so kann sie auch, wie andere Stoffe, den Gesetzen der Verwandschaft unterworfen seyn, und wie diese, solche Verbindungen mit Körpern eingehen, bey denen sie derjenigen Eigenschaften völlig beraubt wird, wodurch sie sich zuvor auszeichnete. Das kann sie, sage ich, ob sie es aber auch würklich thue, entscheiden wenigstens die gewöhnlichen Vorstellungen nicht.

9. So sagt man z. E. daß diejenige Quantität der Wärme, welche einer gewissen Portion Eises zugesetzt wird, um es in eiskaltes Wasser zu verwandeln, mit demselben in eine chemische Verbindung trete, weil dieser Zusatz von Wärme, während das Eis schmelzt, sich gleichsam den Sinnen entzieht, und keine Temperaturerhöhung hervorbringt.

10. Allein man denkt nicht daran, daß die grössere Quantität Wärmestoffs in dem aus dem Eise entstandenen Wasser, nur eine geringere specifische Dehnkraft, als die geringere Quantität in dem Eise selbst haben dür-

dürfte, um erklären zu können, wie beyde Körper (Wasser und Eis) im Gleichgewichte der Temperatur bleiben können, ohne in dem Wasser auch nur einen Theil von Wärme, in einer chemischen Verbindung anzunehmen.

Und in der That, wer kann dies behaupten, wenn man sieht, daß jener Zusatz von Wärme, welcher das Eis in Wasser verwandelte, von selbst wieder aus dem Wasser entweicht, so bald es einem Medium ausgesetzt wird, worinn die Spannung der Wärme (5), geringer als in dem Wasser ist. Es hat also jene Quantität von Wärme, nicht ihren eigenthümlichen Charakter der Beweglichkeit, und Strebens nach Gleichgewicht verlohren, sondern, indem sie in das Eis gieng, nur eine Modification ihrer Dehnkraft erlitten, vermöge der sie aber noch immer fähig genug ist, zur Herstellung eines Gleichgewichts, in das umgebende Mittel und die in ihm befindlichen Körper überzuströmen, man wird sie also nicht als gebundene Wärme betrachten müssen.

11. Wie unrichtig überhaupt der Schluß sey, daß, wenn eine gewisse Portion Wärmestoffs, einem Körper zugesetzt, keine Temperaturerhöhung hervorbringt, dieser Zusatz chemisch mit dem Körper verbunden worden seyn müsse, läßt sich auch so einsehen.

Gesetzt der freye Wärmestoff erweitere sich die Zwischenräumchen des Körpers, in den er strömt, wie das mit einigen scheinbaren Ausnahmen allemal der Fall ist. Könnte nicht diese (durch ihn selbst hervorgebrachte) Ausdehnung z. B. beym Schmelzen des Eises (denn daß sich auch dieses ausdehne, wenn man von den Luftblasen abstrahirt, die nicht zum Wesen desselben gehören, ist bekannt,) so viel betragen, daß die grössere Menge freyen Wärmestoffs, in den grössern Zwischenräumen des Wassers dennoch eben die Intensität und Spannung behielte, als die geringere in den kleinern Zwischenräumen des Eises, letzterer also das Gleichgewicht hielte, wie eine grössere Portion Luft, einer geringern, von eben der Dichte? Hat man also, um die Unveränderlichkeit der Temperatur beym Schmelzen des Eises zu erklären, eine Bindung des dazu verwandten Wärmestoffs nöthig? Entzieht er sich nicht nur scheinbar dem Thermometer, wenn er sich in die grössern Zwischenräume des Wassers verbirgt?

12. So könnte man nun auch von derjenigen Quantität der Wärme, welche zur Bildung des Dampfes und einer luftförmigen Flüssigkeit verwandt wird, behaupten, daß

sie

sie nur in einem modificirten freyen Zustande verbleibe. Um indessen sowohl dies als auch mehrere hiermit verbundene Phänomene zu erklären, ist es nöthig, erst noch folgende Erläuterungen vorauszuschicken.

13. Bey den Würkungen der freyen Wärme ist es, wie bey allen elastischen Flüssigkeiten, nöthig 1) auf die Menge Wärmestoffs, oder auf die Quantität der Wärme, die einen gewissen Raum erfüllt, Rücksicht zu nehmen. 2) Auf die Dichtigkeit oder Intensität derselben, und 3) auf die spezifische Elasticität der einzeln Wärmetheilchen, welche, wie wir hernach zeigen werden, keine unveränderliche Grösse ist, sondern nach der Beschaffenheit des Körpers, welcher den Wärmestoff aufnimmt, beträchtlichen Aenderungen ausgesetzt ist. 4) Auf die absolute Dehnkraft oder Spannung einer gegebenen Quantität Wärmestoffs, und endlich 5) auf die verschiedene Leitungskraft der Körper für die Wärme d. h. dem verschiedenen Vermögen derselben, den Wärmestoff geschwind oder langsam in sich aufzunehmen, und das Gleichgewicht desselben, durch ihre Masse fortzupflanzen, wodurch also die Körper, welche von dem Wärmestoff durchdrungen werden, bald

in einer längern, bald kürzern Zeit zu einem gemeinschaftlichen Gleichgewicht der Wärme gelangen.

Quantität der Wärme.

14. Die Menge Wärmestoffs kommt auf den Raum an, den er erfüllt, und auf die Dichtigkeit desselben in diesem Raume.

Es ist begreiflich, daß bey gleicher Dichte des Wärmestoffs, der doppelte, dreyfache leere Raum, zwey-dreymal so viel Wärmestoff enthalten kann, als der einfache Raum, und daß also bey gleicher Intensität der Wärme, die Quantität derselben in dem Verhältnisse des Raums stehen muß, welchen sie einnimmt.

15. Unter diesem Raume versteht man die Summe von Räumchen, welche in einem Körper, worinn man die Quantität des Wärmestoffes betrachtet, würklich mit freyen Wärmestoffe erfüllt sind.

16. Wenn der Wärmestoff fähig ist, in alle Zwischenräumchen einzudringen, so steht die Quantität der Wärme bey gleicher Dichte, in dem Verhältniß der Summe aller Räumchen, welche zwischen den materiellen Theilen eines Körpers enthalten sind.

17. Giebt es aber Räumchen in einem Körper, welche dem Wärmestoff den Eingang versagen, Räumchen also, welche man in Ansehung des Wärmestoffs als verschlossene Räumchen ansehen muß, so können nur diejenigen in Betrachtung kommen, welche zur Aufnahme dieses Fluidums empfänglich sind, die also würklich mit demselben erfüllt werden, und diese Summe kann vielleicht beträchtlich, von dem eigentlich zerstreuten leeren Raume des Körpers verschieden seyn.

18. Wir wollen also nur diejenige Summe von Räumchen, welche bey einem gewissen Zustande des Körpers, oder bey einer gewissen Form desselben, mit dem freyen Wärmestoffe selbst erfüllt werden, in Betrachtung ziehen, wenn wir von dem absoluten Wärmeraum eines Körpers in der Folge reden werden.

19. Je weniger Materie in dem Volumen eines Körpers enthalten ist, je lockerer also derselbe ist, desto mehr wird sich der absolute Wärmeraum dem Volumen des Körpers nähern, mit desto grösserm Rechte wird es also verstattet seyn, die Quantitäten gleich dichten Wärmestoffs in zwey Körpern, nach den Volumen der Körper zu schätzen.

Wenn daher z. B. eine Portion Luft einen 800mal grössern Raum einnimmt, als eine dem

dem Gewichte nach eben so große Portion Wassers, so wird auch ihr absoluter Wärmeraum und folglich die Quantität Wärmestoffs, die sie blos in Ansehung ihrer Zwischenräume zu fassen vermag, beynahe 800mal so groß seyn, als in dem Wasser, oder vielmehr wenn die Dichtigkeit des Wärmestoffs in den Zwischenräumen der Luft und des Wassers von gleicher Größe wäre, müßte die Luft beynahe 800mal so viel Wärmetheilchen als das Wasser enthalten.

20. Dieser absolute Wärmeraum ist in einem Körper nur so lange von einer beständigen Größe, als die Form des Körpers ungeändert bleibt.

21. Da sich aber nun die Körper durch die Wärme selbst ausdehnen, so müssen sie durch Erhöhung der Temperatur auch einen grössern Wärmeraum erhalten. Auch können sie Veränderungen dieses Raums durch chemische Würkung auf einander erfahren, von welchen Aenderungen allein, verschiedene Phänomene der Wärme entstehen können, wie die Folge zeigen wird. Jedoch sieht man leicht, daß, wenn die Ausdehnung eines Körpers nicht durch die Wärme selbst, sondern durch Einwürkung eines andern Körpers auf ihn, hervorgebracht wird, sich nicht allezeit

aus

aus der Vermehrung des Volumens, auf einen vermehrten Wärmeraum, d. h. auf eine grössere Summe derjenigen Räumchen, welche der Wärmematerie einen Eingang verstatten würden, schließen läßt, weil bey solchen Einwürkungen zweyer Körper auf einander, sowohl in dem einen als in dem andern, sich Zwischenräume öffnen können, welche vorher dem Wärmestoff den Eingang versagten, theils sich welche schließen können, welche nunmehr unfähig sind, von dem Wärmestoffe durchdrungen zu werden, das hängt begreiflich von den neuen Stellungen und Lagen, die die körperlichen Theile zweyer Stoffe bey ihrer Würkung auf einander bekommen haben, kurz von der durch diese Würkung hervorgebrachten neuen Beschaffenheit der Poren ab.

22. Ich werde den absoluten Wärmeraum eines Körpers (18.), bey einer gewissen Form desselben = K nennen. Ist er bey einem andern Körper = k, so werden die Quantitäten der Wärme in beyden Körpern, (bey gleicher Dichte der Wärme) in dem Verhältnisse K:k stehen.

23. Sind die absoluten Wärmeräume zweyer Körper von gleicher Grösse, die Intensitäten des in ihnen enthaltenen Wärmestoffs aber verschieden, so sieht man leicht,

daß

daß die Quantitäten der Wärme alsdann in dem Verhältnisse ihrer Intensitäten stehen müssen; also bey ungleichen Wärmeräumen und Intensitäten, in dem zusammengesetzten Verhältnisse der Räume K:k und der Intensitäten oder Dichten D:d, d. h. in dem Verhältnisse der Produkte K.D:kd.

24. Man kann also überhaupt sagen, die Quantität der Wärme, die ich Q nennen will, verhalte sich wie K.D, welches man auf die gewöhnliche Art durch Q=K.D ausdrückt, wo also Q, K, D verhältnißmäsig gegen gewisse Einheiten zu verstehen sind.

Unter dem spezifischen Wärmeraum eines Körpers werde ich die Summe oder den geometrischen Inhalt der für den Wärmestoff empfänglichen Zwischenräume, in einer gewissen zur Einheit angenommenen Masse eines Körpers, (z. B. in einem Pfunde desselben,) verstehen.

25. Ist nun der Körper durchaus von einer gleichartigen Zusammensetzung, so wird die doppelte, dreyfache Masse des Körpers, zwey = dreymal so viel dergleichen Zwischenräume, als die zur Einheit angenommene Masse enthalten. Heißt demnach die Masse des Körpers, nach Theilen der zur Einheit angenommenen, =M, und der spezifische Wärmeraum

meraum C, so ist der Masse M absoluter Wärmeraum $K = M.C$, demnach die Quantität der Wärme $Q = M.C.D.$

Dichtigkeit der Wärme.

26. Daß Dichtigkeit überhaupt ein relativer Begriff sey, und eine Substanz nur in dem Sinne dicht oder locker heisse, wenn sie in einerley Raume oder Volumen, mehr oder weniger materielle Theile enthält, brauche ich hier nicht erst umständlich zu erwähnen.

27. Wenn also von der Wärme, als einer Substanz (8) die Rede ist, so würde man auch ihre Dichte, nach der grössern oder geringern Menge von Wärmetheilchen schätzen, die in einerley Raume, oder in einerley Summe von Zwischenräumchen eines Körpers vertheilt sind.

28. Nähme z. E. eine gewisse Menge von Wärmetheilchen den Raum eines Kubikzolles, oder eine solche Summe von Zwischenräumchen eines Körpers ein, welche dem geometrischen Raume eines Kubikzolles gliche, und gedächte sich nun in diesem Raume eine doppelte dreyfache Menge von Wärmetheilchen, so würde man sagen, daß alsdenn auch die Intensität oder Dichte der Wärme

zwey-

zwey, dreymal so groß, als zuvor, sey, und so in andern Fällen.

29. So kann man die Dichte der Wärme in zwey körperlichen Substanzen durch Zahlen ausdrücken, welche sich denn auf die verhältnißmässigen Quantitäten Wärmestoffs beziehen müssen, die man in gleich grossen Summen von Wärmeräumchen dieser Substanzen betrachtet; unter den Zwischenräumchen nur solche verstanden, welche dem Wärmestoffe Zugang verstatten (21.).

30. Will man eine gewisse Dichte des Wärmestoffs als eine Einheit betrachten, so kann der Buchstabe D in dem Ausdrucke $Q = M . C D$, worin überhaupt alle Grössen verhältnißmässig zu nehmen sind, als eine Zahl angesehen werden, welche sich auf diese angenommene Einheit bezieht.

Spezifische Elasticität der einzeln Wärmetheilchen.

31. Es läßt sich leicht einsehen, daß wenn der Wärmestoff, eine den Gesetzen der Verwandschaft unterworfene Substanz ist, er auch in den Zwischenräumen eines gegen ihn Verwandschaft habenden Körpers, Modificationen seiner Elasticität erleiden, und also in diesem Körper ein anderes spezifisches Bestreben

sich zu verbreiten, als ausserhalb desselben (oder noch besser in dem absolut leeren Raume z. E. in der torizellischen Röhre) haben muß.

32. Innerhalb den Zwischenräumen eines Körpers, wird nämlich die natürliche Dehnkraft des Wärmestoffs gleichsam geschwächt, oder bekömmt eigentlich eine andere Richtung, durch den Zug, den er gegen die materiellen Theile des Körpers leidet, oder vielmehr sein Bestreben sich aus diesem Körper in einen absolut leeren Raum zu bewegen, ist nun geringer, als es seyn würde, wenn er durch die Ziehkraft des Körpers nicht in seiner Beweglichkeit aufgehalten würde.

33. Wenn man sich demnach in den Zwischenräumen eines Körpers, Wärmestoff von einer gewissen Dichte gedenkt, so äussert er hier weniger Bestreben, sich zu verbreiten und mitzutheilen, als er bey eben der Dichte, in einer torizellischen Leere, wo ihn keine Körpertheilchen durch ihre Ziehkraft verhindern, äussern würde.

34. Wenn er nun aber bey eben der Dichte, in den Zwischenräumen eines Körpers eine geringere ausdehnende Kraft, als in dem vollkommen leeren Raume hat, so muß man ihn in dem ersten Falle, als eine freye Flüssigkeit von einer geringern spezifischen Elasticität betrachten.

35. Diese spezifische Elasticität wird desto geringer seyn, je grösser des Körpers Verwandschaft gegen den Wärmestoff ist. Sie wird wenigstens zum Theil in dem umgekehrten Verhältnisse dieser Verwandschaft stehen.

36. Man wird hieraus einsehen, worinn eigentlich der Unterschied zwischen freyen und gebundenen Wärmestoff bestehe. Wäre die Ziehkraft nämlich so überwiegend, daß der Wärmestoff seiner Elasticität dadurch gänzlich beraubt würde, und also gar kein Bestreben sich zu verbreiten, mitzutheilen, und in ein absolut kaltes Medium überzuströmen, mehr übrig behielte, so müßte man ihn im eigentlichsten Verstande gebunden nennen. So lange er aber dieses Bestreben noch hat, es sey auch übrigens so schwach es wolle, so kann er, vermöge desselben, unter den gehörigen Umständen (nämlich durch hinreichende Verminderung der Temperatur des Mediums, dem er exponirt wird) aus dem Körper, worinn er enthalten ist, eben so gut entweichen, als die Wärme aus dem kochenden Wasser, wenn es einem kältern Medium ausgesetzt wird, und verdient also so gut wie diese, den Namen der freyen oder beweglichen Wärme. Die verschiedenen Stuffen dieser Beweglichkeit, in so ferne sie von dem Körper selbst abhängen in welchem die Wärme enthalten ist, können hie-

hiebey nicht in Betrachtung kommen, weil sonst der Begriff von freyer Wärme sehr schwankend und unbestimmt bleiben würde; denn welche Stuffe wollte man für die Gränze annehmen, bey der die Wärme nicht mehr frey genannt werden sollte? Vermuthlich die, im absolut leeren Raume? Aber dann hätten ja auf einmal alle Untersuchungen über die freye Wärme in körperlichen Substanzen, ihr Ende; weil man gewiß keinen Körper kennt, in dessen Zwischenräumchen der Wärmestoff diejenige Beweglichkeit haben kann, die er in dem leeren Raume hat.

37. Wenn es gewiß ist, daß die Ziehkraft oder Verwandschaft eines körperlichen Theilchens, schon in einem gewissen Abstande von ihm (der aber freylich in vielen Fällen sehr klein ist) sich äussert, und näher bey diesem Theilchen stärker, als weiter davon, ist, so kann auch der in den Zwischenräumen eines Körpers enthaltene Wärmestoff, nicht durchaus von einerley spezifischer Elasticität seyn, sondern der die Körpertheilchen zunächst umgebende, wird durch die stärkere Anziehung eine grössere Verminderung seiner Elasticität erleiden, als der weiter davon entfernte, und wenn daher z. E. ein Zwischenräumchen so groß wäre, daß die Ziehkraft der herum befindlichen Körpertheilchen, sich nicht durch den

ganzen Durchmesser des Räumchens erstreckte, so wird, im Mittelpunkt dieses Räumchens (wenn ich es der Erläuterung halber sphärisch annähme) der Wärmestoff gleichsam seine natürliche spezifische Dehnkraft haben. Von dem Mittelpunkte, nach dem Umfange des Räumchens, wo sich die materiellen Theile des Körpers befinden, wird sie aber immer schwächer, und zunächst um diese Theilchen, am schwächsten seyn müssen.

38. Hieraus folgt denn auch natürlich, daß wenn durch alle Zwischenräumchen eines Körpers ein Gleichgewicht der Wärme statt finden soll, die schwächere Dehnkraft derselben zunächst um die Körpertheilchen, daselbst durch eine grössere Dichte des Wärmestoffs ersetzt werden muß, und daß also der Wärmestoff die Körpertheilchen gleichsam wie Atmosphären umgeben muß, näher bey den Theilchen dichter, als weiter davon seyn müsse, wie Luft, die unseren Erdkörper umgiebt, nahe an der Oberfläche dichter, als weiter davon ist. Diese Vorstellung der Sache, ist sehr geschickt, die Art zu versinnlichen, wie der freye Wärmestoff die Zwischenräume der Körper erfüllt. Erstreckte sich nicht der Würkungskreis der Körpertheilchen gegen den Wärmestoff weiter, als bis zur unmittelbaren Berührung, so würden alle

alle Theilchen des Wärmestoffs, bis auf die, welche die Körpertheilchen unmittelbar berührten, durchaus von gleicher spezifischer Elasticität, mithin auch aller Wärmestoff in den Zwischenräumen, von gleichförmiger Dichte seyn müssen, so bald sich die Wärme in ihnen im Zustande des Gleichgewichts befindet.

Diese Betrachtung gilt offenbar auch von mehreren neben einander befindlichen Substanzen, die im Gleichgewichte der Wärme stehen. Wäre die spezifische Elasticität der Wärme in allen von gleicher Grösse, so könnte kein Gleichgewicht der Wärme statt finden, wenn die Dichte derselben nicht durchaus in allen auch gleich wäre.

39. Hieraus würde denn folgen, daß beym Gleichgewichte der Wärme unter mehreren Substanzen von gleichem Volumen, diejenige Substanz die grössere Quantität von Wärme etnhalten müßte, welche den grössern absoluten Wärmeraum hätte, und daß die torizellische Leere, unter allen eben so grossen Räumen, die aber zum Theil mit materiellen Theilen erfüllt sind, die größte Menge Wärmestoffs enthalten müsse, weil, so zu sagen, ihr absoluter Wärmeraum ihrem ganzen Volumen gleich ist. Allein die Versuche zeigen, daß die erwähnte Leere gerade die geringste Quantität von Wär-

me enthält, und daß demnach die Voraussetzung einer gleichen Dichte des freyen Wärmestoffs in Körpern von gleicher Temperatur, nicht statt finden könne, wie einige sich vorgestellt haben, sondern daß ein Körper, bey sonst gleichen Umständen desto mehr Wärmestoff aufnimmt, je mehr durch die Verwandschaft seiner Theilchen, die natürliche Dehnkraft des Wärmestoffes geschwächt wird.

40. Seine natürliche Dehnkraft hat nämlich der Wärmestoff nur in dem vollkommen leeren Raume, oder in solchen Räumchen eines Körpers, wo ihn keine Ziehkraft afficirt. Seine Würksamkeit hängt alsdann nur allein von seiner Dichtigkeit ab.

41. Wenn nun aber selbst in einem und demselben Körper die spezifische Dehnkraft der Wärmetheilchen nicht durchaus von gleicher Grösse, oder gleichförmig angenommen werden kann, so ist es doch zum Behufe der folgenden Untersuchungen gut, in einem und demselben Körper, sich eine gewisse mittlere spezifische Dehnkraft des Wärmestoffs zu gedenken, so wie man sich denn aus eben dem Grunde (38) eine gewisse mittlere Dichtigkeit desselben vorstellen kann. Nur von dieser mittlern Dehnkraft und Dichte des Wärmestoffs wird die Rede seyn, wenn

ich

ich mich in der Folge noch mit weitern Betrachtungen über diese Gegenstände beschäftige; denn das Gesetz selbst, nach welchem sich die Ungleichheiten der sp. Dehnkraft und Dichte des Wärmestoffs in einem und demselben Körper richten, kennen wir nicht, hat auch auf die zunächst folgenden Untersuchungen keinen weitern Einfluß.

42. Für die Quantität der Wärme in einem Körper worinn der Wärmeraum $= K$ und die (mittlere) Dichte der Wärme $= D$ ist, hat man $Q = KD$ (24.) also $D = \frac{Q}{K}$

Gesetzt nun, durch irgend eine Ursache dehne sich der Körper in einen grössern Raum aus (z. E. eine Portion Luft in einem Recipienten, wenn man den Stempel der Luftpumpe heraus zieht) so wird, wenn hiebey die Quantität der Wärme ungeändert bleibt, die (mittlere) Dichte derselben nothwendig geringer werden müssen, weil wenn K bey einerley Q zunimmt, nothwendig D abnehmen muß.

43. Wenn aber nun solchergestalt die Dichte der Wärme, durch Vergrösserung des Wärmeraums abnimmt, so muß dagegen die spezifische Elasticität der einzeln Wärmetheilchen zunehmen, weil die Theilchen der Wärme, so wie sie sich in grössern Wärmeräumchen, ver-

möge ihrer Elasticität verbreiten, auch grössere Entfernungen von den materiellen Theilen des sich ausdehnenden Körpers bekommen, und also von den Ziehkräften derselben weniger afficirt werden müssen, als wenn sie in engern Räumchen, diesen Körpertheilen näher sind.

Je enger nämlich die Wärmeräumchen sind, desto mehr muß der in ihnen enthaltene Wärmestoff, durch die Ziehkraft der Körpertheilchen, die diese Räumchen begränzen, in Absicht seiner spezifischen Elasticität geschwächt werden. Nur in der torizellischen Leere haben die Theilchen des Wärmestoffes ganz ihr eigenthümliches Bestreben sich zu verbreiten. Kommen in diese Leere Körpertheile, welche Verwandschaft gegen den Wärmestoff haben, so muß dadurch sogleich ein vermindertes Bestreben der Wärmetheilchen, sich zu verbreiten, entstehen, und man sieht hieraus, wie dies Bestreben ab- oder zunehmen muß, so wie durch mehrere Körpertheile in demselben Volumen, der totale Wärmeraum vermindert, oder bey derselben Menge von Körpertheilen, vergrössert wird.

Kraft der Wärme.

44. Wenn Wärme in einen Körper dringt, so äussert sie in demselben eine Kraft, ihn in einen

einen grössern Raum auszudehnen, und die Würkung dieser ausdehnenden Kraft, ist die Ausdehnung des Körpers selbst, die dadurch hervor gebracht ist.

45. Die Wärme sucht also den Zusammenhang der Theilchen des Körpers zu vermindern, oder eine Trennung derselben hervorzubringen. Je stärker dieser Zusammenhang ist, eine desto grössere Kraft der Wärme ist erforderlich, diesen Zusammenhang zu überwinden, und den Körper also auszudehnen, woraus denn sehr leicht erhellt, daß einerley Ausdehnung in verschiedenen Körpern hervorzubringen, nicht einerley Kraft der Wärme erforderlich seyn wird, daß also die Kraft der Wärme in unterschiedenen Körpern, nicht den durch sie bewürkten Ausdehnungen selbst proportional seyn, und dadurch gemessen werden kann.

46. Selbst in einem und demselben Körper, scheinen gleichen Veränderungen in der Kraft der Wärme, nicht gleiche Aenderungen der Ausdehnung zu entsprechen. Alle Ausdehnungen, so wie auch Verdichtungen der Körper haben nämlich ihre Gränzen, und wenn sie diesen mehr oder weniger nahe sind, werden sie wahrscheinlich mit den Veränderungen der Wärme nicht mehr gleiche Schritte halten.

47. Nur der Weg der Erfahrung kann hier den Aufschluß geben, innerhalb welchen Gränzen der Ausdehnung eines und desselben Körpers, gleichen Aenderungen in der Kraft der Wärme, gleich grosse Veränderungen der Ausdehnung entsprechen.

48. Die Hauptfrage hiebey ist immer, wie die Kraft der Wärme gemessen, oder wenigstens Unterschiede derselben angegeben werden können.

49. Wenn der Wärmestoff eine elastische Flüssigkeit ist, so wird seine absolute ausdehnende Kraft ohnstreitig von seiner *Dichte*, und seiner *spezifischen* Elasticität abhängen müssen.

I. Bey gleicher Dichte des Wärmestoffs würde nämlich seine absolute Dehnkraft, in Verhältniß seiner spezifischen Elasticität; bey gleicher spezifischer Elasticität aber, in Verhältniß seiner Dichte stehen. Kurz man würde hier für den Wärmestoff, wie für jede andere elastische Flüssigkeit, (z. B. eine Luftart) die Regel haben, daß seine *absolute ausdehnende Kraft* sich wie das *Produkt aus seiner Dichte*, in *seine spezifische Dehnkraft*, *verhalten müsse*.

II.

II. Heißt daher in irgend einer Substanz A, die Dichte des Wärmestoffs $=$ D, spezifische Elasticität desselben $=$ E, so ist seine absolute Dehnkraft G in dem Verhältnisse des Produkts E.D, welche Vergleichung man durch $G = E.D$ ausdrücken kann.

III. Bedeuten nämlich in einer andern Substanz B, worin der Wärmestoff eine andere spezifische Elasticität und Dichte hätte, g, e, d, ähnliche Dinge, so will der Satz (II.) eigentlich sagen, daß

$$G : g = E.D : e.d$$

sey.

IV. Aus (II.) folgt $D = \frac{G}{E}$, d. h. die Dichte des Wärmestoffes verhält sich, wie die ausdehnende Kraft, oder die absolute Elasticität desselben, dividirt mit der spezifischen.

V. Soll in beyden Substanzen A und B ein Gleichgewicht der Wärme seyn, (5) so muß die ausdehnende Kraft der Wärme in beyden einander gleich, also $G = g$, oder $E.D = e.d$ seyn, d. h. $E : e = d : D$, oder die spezifischen Elasticitäten des Wärmestoffs in beyden Substanzen, müssen in dem umgekehrten Verhältnisse seiner Dichten stehen. Dann wird keine Wärme weder aus A in B, noch aus B in A überströmen können.

VI.

VI. Heißt die Quantität der Wärme in $A = Q$ der absolute Wärmeraum in $A = K = M.C$ (25) so ist $Q = K.D$ (24) $= \frac{K.G}{E}$ (IV.) mithin

VII. die Kraft der Wärme

$$G = \frac{Q.E}{K}$$

oder sie verhält sich wie das Produkt aus der Quantität der Wärme in ihre spezifische Elasticität, dividirt durch den absoluten Wärmeraum.

VIII. Wegen $K = M.C$ (VI) ist auch $G = \frac{Q.E}{M.C}$ in welcher Formel denn C den spezifischen Wärmeraum in der Substanz A bedeutet, d. h. die Summe von Wärmeräumchen, welche in einer gewissen zur Einheit angenommenen Masse der Substanz A enthalten ist.

IX. Gesetzt nun in einer Masse $= m$ Wassers, wenn es eiskalt ist, sey der spezifische Wärmeraum $= c$ die Quantität der Wärme $= q$, die spezifische Elasticität der Wärme $= e$, und die absolute Kraft derselben $= g$, so ist

$$q = \frac{g.m.c}{e}$$

X. In

X. In dem kochenden Wasser, dessen Masse $= M$, seyen Q, G, C, E ähnliche Dinge, so ist eben so

$$Q = \frac{G.M.C}{E} \quad (\text{VIII.})$$

Beyde Massen eiskalten und kochenden Wassers sollen nun mit einander vermischt werden, so ist die Masse der Mischung $= M + m$.

XI. Geht nun hiebey keine Wärme verlohren, so ist die Quantität der Wärme in der Mischung $= Q + q$.

XII. Wäre nun die spezifische Elasticität des Wärmestoffs in der Mischung $= \varepsilon$, der spezifische Wärmeraum in derselben $= \gamma$, und die Kraft der Wärme $= \mathfrak{G}$, so ist für die gemischte Masse

$$Q + q = \frac{\mathfrak{G}(M + m)\gamma}{\varepsilon}$$

XIII. Demnach

$$\mathfrak{G}(M + m).\frac{\gamma}{\varepsilon} = G M.\frac{C}{E} + g m.\frac{c}{e}$$

XIV. Diesen Ausdruck zu gebrauchen, um daraus die Kraft der Wärme in der Mischung zu finden, dienen folgende Betrachtungen.

XV. Ohnstreitig nimmt eine gewisse Portion z. E. die Masse $= 1$ kochenden Wassers einen

nen grössern Raum ein, als eben die Masse eiskalten Wassers, folglich ist auch der spezifische Wärmeraum C des kochenden Wassers grösser als c des eiskalten. Der Unterschied wird aber sehr wenig betragen, weil sich das Wasser von der Gefrierkälte bis zur Hitze des Kochens nur ohngefähr um $\frac{3}{100}$ seines Raumes ausdehnt.

XVI. Also ist es verstattet ohne merklichen Fehler in (XIII.) $C = c$ und so auch $= \gamma$ zu setzen.

XVII. Daraus folgt aber denn, daß auch ohne merklichen Fehler $E = e = \varepsilon$, also die spezifischen Elasticitäten der Wärmetheilchen, im kochenden, eiskalten und gemischten Wasser, einander gleichgesetzt werden können. Denn wenn die Räumchen (oder die Summen von Räumchen) in gleichgrossen und gleichartigen Massen von gleicher Grösse sind, so erfahren auch die Wärmetheilchen, in ihnen, gleiche Aenderungen ihrer natürlichen Dehnkraft, durch ihre Anziehung gegen die Körpertheilchen die das Räumchen umgeben, die mittlere spezifische Dehnkraft (41.) der Wärme, muß daher in diesen Massen von gleicher Grösse seyn, das kochende Wasser wird sich von dem eiskalten nur darinn unterscheiden, daß es in seinen Zwischenräumchen mehr Wärme-

metheilchen hat, als das eiskalte, es wird sich blos durch eine grössere Dichte des Wärmestoffs, keinesweges aber durch eine grössere spezifische Elasticität desselben, von dem eiskalten unterscheiden.

XVIII. Gesetzt aber auch, man wollte sogar den Unterschied, daß in dem kochenden Wasser der spezifische Wärmeraum C etwas weniges grösser als c in dem eiskalten ist, in Betrachtung ziehen, so würde doch in allen Fällen der Bruch $\frac{C}{E}$ dem $\frac{c}{e}$ gleich bleiben, weil in eben dem Verhältnisse in welchem C grösser ist als c, auch die spezifische Elasticität E grösser als e seyn würde, weil in grössern Wärmeräumchen, die Theilchen der Wärme weniger durch die Anziehung der Körpertheilchen afficirt werden, als in kleinern Wärmeräumchen, und daher eine grössere spezifische Elasticität behalten müssen. So lange als C nur wenig von c unterschieden ist, wie das beym kochenden und eiskalten Wasser der Fall ist, wird sich ohne merklichen Irrthum E : e beynahe wie C:c verhalten, also $\frac{C}{E} = \frac{c}{e}$ und also auch aus eben dem Grunde $= \frac{\gamma}{\varepsilon}$ seyn müssen.

XIX.

XIX. Dies giebt demnach in (XIII.) ohne merklichen Fehler

$$\mathfrak{G}\,(M+m) = G\,M + g.m$$

XX. Also die Kraft der Wärme in der Mischung oder

$$\mathfrak{G} = \frac{G.M + g.m}{M + m}$$

XXI. Der Unterschied zwischen der Kraft der Wärme im kochenden und eiskalten Wasser oder $G - g$ sey $= \triangle$

XXII. Der Unterschied zwischen der Kraft der Wärme in einem Wasser, welches aus M Theilen kochenden, und N Theilen eiskalten zusammengemischt ist, und dem eiskalten Wasser, heisse $\mathfrak{G} - g = \triangle'$

So ist

$$\triangle' = \frac{GM + gm}{M + m} - g$$

$$= \frac{M}{M+N}\,(G-g) = \frac{M}{M+N}\,\triangle$$

also

$$\triangle : \triangle' = M+N : M$$

d. h. man kann durch Vermischungen kalten und kochenden Wassers in gehörigen Verhältnissen, beliebige Differenzen der Kraft der Wärme hervorbringen. Z. E. Wenn man zu $N = 4$ Theilen eiskalten Wassers, $M = 3$ Th. kochen-

kochendes vermischt, so werden sich die Unterschiede der Wärmen des kochenden und eiskalten, des gemischten Wassers und des eiskalten, gegen einander verhalten $= 4 + 3 : 3 = 7 : 3$, oder die letztere Differenz würde $\frac{3}{7}$ der erstern betragen.

XXIII. Um nun zu untersuchen, ob eine flüssige Materie z. E. Quecksilber, sich nach den Differenzen der Wärme ausdehnt, so senke man z. E. ein wohlkalibrirtes Quecksilberthermometer (dessen gleichen Theilen der Scale also gleiche Ausdehnungen des Volumens des Quecksilbers entsprechen) in eiskaltes, kochendes, und gemischtes Wasser. Weil nun das Thermometer sich mit dem Wasser, worinn es hängt, allemal ins Gleichgewicht der Wärme versetzt, so ist, wenn dies Gleichgewicht erreicht ist, die Kraft der Wärme in ihm, oder in dem Quecksilber, allemal der Kraft der Wärme in dem Wasser gleich, (49. V.) und man kann also nun untersuchen, ob die Ausdehnungen des Quecksilbers, den Differenzen der Wärme, deren es jederzeit exponirt ist, proportional sind, oder nicht, und überhaupt nach welchem Gesetze diese Ausdehnungen, den Differenzen der Wärme (oder ihrer Kraft) entsprechen.

XXIV. Gesetzt z. E. das Quecksilber habe sich von der Temperatur des eiskalten Wassers, bis zur Hitze des kochenden, um 80 Theile der Scale ausgedehnt, und die Ausdehnung desselben, habe von der Temperatur des eiskalten, bis zur T. des in (XXII.) gemischten Wassers $\frac{3}{7}$.80 oder 34$\frac{2}{7}$ Grade betragen, so würde man sagen, daß die Ausdehnungen des Quecksilbers, den Differenzen der Wärme, denen es exponirt worden, proportional seyen.

XXV. Erfahrungen dieser Art, haben gelehrt, daß das Quecksilber, wenigstens innerhalb den Temperaturen des eiskalten und kochenden Wassers, sich ohne merklichen Fehler, allemal mit den Differenzen der Wärme gleichförmig ausdehne, und daß daher das Quecksilber durch seine Ausdehnungen richtige Unterschiede der Wärme, oder vielmehr der Kraft der Wärme bestimme, so lange man es keiner grössern oder geringern Wärme, als der des eiskalten oder kochenden Wassers aussetzt.

50. Die mannichfaltigen Vorsichten bey Versuchen dieser Art, sind bekannt, und in Crawfords Werke S. 16. u. f. so aus einander gesetzt, daß mich dies hinlänglich der Mühe überhebt, sie hier beyzubringen.

51. Das

51. Das Bisherige wird indessen die Theorie dieses Verfahrens, und die Bedenklichkeiten die Crawford S. 26. anführt, erläutern. Denn man sieht leicht, daß das Verfahren (49. XXII), durch Mischungen kalten und kochenden Wassers Differenzen der Wärme zu bestimmen, die Gleichheit der Brüche $\frac{C}{E}$, $\frac{c}{e}$, $\frac{\gamma}{\varepsilon}$ in dem Ausdrucke (49. XIII) voraussetzt, d. h. die Vermehrung der Temperatur keine Aenderung der spezifischen Wärmeräume, und der spezifischen Elasticität der Theilchen des Wärmestoffs verursache, oder doch, daß wenigstens die Grössen E, e, ε, mit C, c, γ in gleichem Verhältnisse bleiben. Ich glaube daß die Art, wie ich diesen Gegenstand in (49. XVI. ꝛc.) betrachtet habe, die Richtigkeit dieser Voraussetzung beweisen wird.

52. Uebrigens glaube ich, daß man sich in (49. XXII) anstatt des Wassers, was man zu unterschiedenen Temperaturen vermischt, noch besser des Quecksilbers bedienen würde, weil das letztere sich verhältnißmäßig weniger als das Wasser ausdehnt, und also auch eine geringere Aenderung seines spezifischen Wärmeraums C mithin auch der spezifischen Elasticität des in ihm enthaltenen Wärmestoffs erfährt, als das Wasser, so daß es bey Mischungen von Queck-

silber, noch viel eher verstattet seyn wird, die Brüche $\frac{C}{E}$, $\frac{c}{e}$, $\frac{\gamma}{\varepsilon}$ einander gleich zu setzen, als bey dem Wasser.

53. Indessen hat Crawford S. 27. u. f. einen Apparat angegeben, wodurch richtige Differenzen der Wärme, auch ohne Mischungen von Wasser oder andern Substanzen, hervorgebracht werden können. Die Einrichtung ist sehr sinnreich, und scheint ihrem Zwecke vollkommen zu entsprechen. Versuche mit diesem Apparat haben ebenfalls gezeigt, daß die Ausdehnungen des Quecksilbers ohne merklichen Fehler den Differenzen der Wärme proportional sind.

54. Aehnliche Versuche, mit andern Substanzen, womit die Thermometer gefüllt zu werden pflegen, haben gelehrt, daß unter allen das Quecksilberthermometer am richtigsten die Veränderungen der Wärme anzeige.

55. Wüßte man das Gesetz, nach welchem sich das Flüssige eines Thermometers vom Punkte der gänzlichen Beraubung aller Wärme, d. h. vom absoluten Null des Thermometers, bis zu einer jeden andern Temperatur ausdehnte, so liesse sich leicht eine Scale verfertigen, welche längs

der

der Röhre des Thermometers, sich auf würkliche Verhältnisse von Kraft der Wärme bezöge.

Allein wie weit sind wir nicht, auch bey den uns bekannten größten Grade der Kälte, noch von jenem Punkte der absoluten Kälte entfernt? Wer kann angeben, wie weit sich die Flüssigkeit im Thermometer bis zu jenen absoluten Null zusammenziehen würde, wie ist es also möglich, das Gesetz zu finden, wie sich diese Flüssigkeit von jenem Punkte an, ausdehnen würde? Ohne Zweifel werden um diesen Punkt herum, die Ausdehnungen des Flüssigen, nicht den Incrementen der Kraft der Wärme proportional seyn, gleichen Graden der Scale, nicht gleiche Veränderungen der Wärme entsprechen. Dies wird nicht eher geschehen können, als bis die Flüssigkeit schon in so weit erwärmt, und die Cohäsion ihrer Theilchen dadurch vermindert worden ist, daß sie der ferner eindringenden Wärme nachgeben, und ihr nicht mehr so grossen Widerstand entgegen stellen können. Dann erst werden die Ausdehnungen, gleichförmig zu seyn anfangen, und mit den Aenderungen der Wärme, gleiche Schritte halten. Bey einem Quecksilberthermometer, geschieht dies schon bey der Temperatur des gefrierenden Wassers, und noch

 etwas

etwas tiefer herab. Ueberhaupt aber scheinen die Ausdehnungen eines tropfbar flüssigen Körpers so lange mit der Wärme beynahe gleichförmig zu gehen, als dieser flüssige Körper den äussersten Gränzen seiner Zusammenziehung oder Ausdehnung, bey denen er seine Form zu verliehren d. h. entweder in einen festen, oder dampfförmigen Zustand überzugehen anfängt, noch nicht zu nahe ist, welches den Erfahrungen gemäß z. E. beym Quecksilber wenigstens innerhalb den Temperaturen des gefrierenden und kochenden Wassers statt findet.

56. Je weiter bey einer Flüssigkeit jene Gränzen von einander entfernt sind, desto brauchbarer wird sie zu einem Thermometer seyn, d. h. innerhalb desto höherer oder geringerer Temperaturen, werden gleiche Ausdehnungen derselben gleichen Incrementen der Wärme entsprechen.

57. I. Ich will den Raum auf der Scale eines Thermometers, innerhalb dessen zu gleich grossen Theilen oder Graden der Scale, gleiche Differenzen der Wärme gehören würden, (also z. E. bey einem Quecksilber-Thermometer wenigstens den Raum zwischen den Temparaturen des gefrierenden und kochenden Wassers) den Raum oder die Scale der

gleich-

gleichförmigen Ausdehnungen des Thermometers nennen. Nur innerhalb dieses Raumes lassen sich Verhältnisse der Wärmen selbst, bestimmen.

II. Man nenne die Kraft der Wärme, welche einem gewissen Punkte jener Scale der gleichförmigen Ausdehnung entspricht $= 1$, die Kraft der Wärme, welche t Graden über jenem Punkte entspricht $= I$, so ist die Zunahme der Kraft der Wärme von jenem untern Punkte, bis zu dem, von t Graden über demselben $= I - 1$, und diese Grösse muß nun innerhalb des Raumes (I.) in dem Verhältnisse von t stehen, d. h. man kann $I - 1 = At$ setzen, wo denn A eine gewisse beständige Grösse bedeutet, welche man für jedes Thermometer besonders bestimmen muß.

III. Dies giebt $I = 1 + At$.

IV. Wüßte man demnach nur für einen einzigen Fall die Kraft der Wärme, so würde sich daraus A, und sodann für jedes andere t die Kraft der Wärme finden lassen.

V. Gesetzt, die Kraft der Wärme im kochenden Wasser verhielte sich zu der im gefrierenden (die zur Einheit angenommen sey) wie 1,370 : 1, wie man gewöhnlich annimmt, und man bediente sich eines Reaumürischen Quecksilber-Thermometers, welches zwischen

 dem

dem Eis- und Kochpunkte 80 gleiche Theile halte, so würde jene Formel (III.) für $t = 80$; $I = 1,370$ geben müssen. Daraus fände sich $A = \frac{1}{215}$.

VI. Demnach wäre für eine gegebene Anzahl t Reaumürscher Grade über dem Gefrierpunkt, die Kraft der Wärme überhaupt $= 1 + \frac{1}{215} t$, welche Formel denn allgemein für jedes t innerhalb des Raumes der gleichförmigen Ausdehnung (I.) des Reaumürischen Quecksilber-Thermometers, statt finden würde.

VII. Für Temperaturen unter dem Gefrierpunkt würde man t negativ setzen müssen, so weit es nach (I.) erlaubt ist.

VIII. Für ein anderes Thermometer z. E. mit der Fahrenheitischen Scale, würde man, wie sich leicht berechnen läßt, für A auch einen andern Bruch erhalten, aber doch würde A für ein und dasselbe Thermometer eine beständige Grösse bleiben. Wie nun auch die Scale eines Thermometers beschaffen ist, so sey für dasselbe der Werth von A überhaupt $= \frac{1}{n}$. Dann entspricht einer jeden Temperatur von t Graden dieses Thermometers, über denjenigen Punkt, für den die Kraft der Wärme zur Einheit angenommen wird, eine Kraft der Wärme $I = 1 + \frac{t}{n}$.

IX. Für τ solcher Grade über jenem Punkte wäre eben so die Kraft der Wärme i =

$$1 + \frac{\tau}{n}.$$

X. Also $I : i = n + t : n + \tau$.

XI. Begreiflich wird in dieser Proportion der Werth von n selbst eine gewisse Anzahl von Graden des Thermometers bedeuten müssen, weil t und τ derzleichen bedeuten.

XII. Auch ist klar, daß wenn man die zur Einheit angenommene Wärme durch die Zahl n ausdrücken will, jede andere z. E. i alsdann durch $n \pm \tau$ geradezu ausgedrückt werden kann.

XIII. Crawford gedenkt sich ein Thermometer, dessen Raum der gleichförmigen Ausdehnung, selbst bis zum Punkte der gänzlichen Beraubung aller Wärme sich erstrecken, ein Thermometer also, welches schon von diesem Punkte an, durch gleiche Theile der Scale, gleiche Differenzen der Wärme anzeigen würde, und berechnet oder sucht vielmehr aus Versuchen herzuleiten, wie viel dergleichen Grade von dem Punkte, dessen Wärme zur Einheit angenommen wird, bis zu dem der gänzlichen Beraubung aller Wärme, (also zu dem absoluten Null), herabgezählet werden müßten.

XIV. Man sieht leicht, daß diese Anzahl von Graden nichts anders als die beständige Grösse n (IX.) unserer bisherigen Formel bedeuten wird. Denn wenn man z. E. in dem Ausdrucke für die Kraft der Wärme nämlich $i = n + \tau$ den Werth von $i =$ Null setzt, so ist die zugehörige Temperatur $\tau = - n$ d. h. man muß von dem Punkte der Scale dessen Wärme zur Einheit angenommen ist, n Grade herabwärts zählen, um den der gänzlichen Beraubung aller Wärme zu erhalten.

XV. Crawford setzt diesen Punkt (den er auch den niedrigsten Grad der Wärme nennt) auf den 800 Grad unter dem 0 der Celsiussischen Scale *a*), oder auf den 1408 unter dem Null der Farenheitischen (M. S. Crawf. der deutschen Uebers. 1789. S. 354.)

XVI. Wenn man demnach die Kraft der Wärme, welche dem Null der Celsiussischen Scale entspricht, zur Einheit annimmt, und sie durch die Zahl 800 ausdrückt, so würde einer jeden Temperatur von τ Cels. Graden über diesem Null, eine Kraft der Wärme $= 800 + \tau$ entsprechen. Auf eine ähnliche Art

a) Das Null der Cels. Scale auf den Gefrierpunkt gesetzt.

Art würde einer Temperatur von τ Fahrenheitischen Graden eine Kraft der Wärme $=$ $1408 + \tau$ zugehören, wenn die zu Fahrenheits Null gehörige, durch die Zahl 1408 ausgedrückt würde.

XVII. Hätte es mit der erwähnten Crawfordischen Bestimmung des niedrigsten Grades der Wärme seine Richtigkeit, so müßte, wenn man n (XIV.) zu 800 Celsiussischen Graden annimmt, die Wärme des eiskalten Wassers zu der des kochenden, (für welches $\tau = 100$ gesetzt werden müßte,) sich wie $800 : 800 + 100$ oder wie $8 : 9$, d. h. wie $1 : 1,125$ verhalten, welches von dem gewöhnlichen Verhältnisse $1 : 1,370$, für welches man doch sehr starke Gründe hat, wie ich in einer Abhandlung über das Ausmessen der Wärme und deren Anwendung auf das Höhenmessen vermittelst des Barometers (Nürnb. 1786.) gezeigt habe, sehr beträchtlich unterschieden ist.

XVIII. Um zu finden, wie groß n an der Celsiussischen Scale seyn müßte, wenn man das Verhältniß $1 : 1,370$ für das wahre annehmen wollte, so muß man nach (X.) wo $\tau = 100$ und $t = 0$

$$n : n + 100 = 1 : 1,370$$

setzen, woraus $n \cdot 1,370 = n + 100$ also $n = 270$ folgen würde. Es würde also der niedri-

niedrigste Wärmegrad an der Celsiussischen Scale nur der 270te unter dem Eispunkt, und also nicht nach Crawforden, der 800te seyn.

XIX. Ob die Versuche, woraus Crawford dieses n = 800 hergeleitet hat, so entscheidend sind, daß sich daraus auf die Richtigkeit dieser Bestimmung schliessen läßt, davon werde ich in der Folge noch zu reden Gelegenheit haben. Ich werde für jetzt, den Werth von n noch unbestimmt lassen, weil er zu den folgenden Untersuchungen noch nicht gebraucht wird, und demnach überhaupt sagen, daß, wenn bis zum absoluten Null eines Thermometers von dessen Eispunkte herabgerechnet n Grade gehen, die Kraft der Wärme, welche t graden über dem Eispunkte entspricht, sich zu der des Eispunktes $= n + t : n$ verhalte, oder daß die Kraft der Wärme blos durch $n + t$ ausgedrückt werden könne, wenn man die des Eispunkes durch die Zahl n ausdrücken will.

58. Diese Betrachtungen werden also nicht allein dasjenige erläutern, was Crawford unter dem niedrigsten Wärmegrad versteht, sondern auch zeigen, wie weit sich der Gebrauch eines Thermometers erstrecke, wenn es nicht blos richtige Differenzen der Wärme, sondern auch Verhältnisse derselben (55.) angeben soll.

59. Man sieht hieraus, daß der Raum innerhalb den Temperaturen der gleichförmigen Ausdehnung des Thermometers, nur ein Theil von der totalen Wärmescale ist, die sich bis zum Punkte der gänzlichen Beraubung aller Wärme, erstrecken würde.

60. Man bekümmert sich nun aber nicht darum, wie die Abtheilungen dieser Scale, unterhalb des Punktes, von welchem sich die gleichförmige Ausdehnung anfängt, beschaffen seyn müßten, wenn sie gleichen Differenzen der Wärme entsprechen sollten. Man stellt sich nur vor, die Wärme, von welcher die Abtheilungen des Thermometers gleichförmig zu werden anfangen, sey zur Einheit angenommen, und gedenkt sich diese Einheit durch n solcher Theile des Thermometers ausgedrückt, welche auf der Scale der gleichförmigen Abtheilung zu gleichen Differenzen der Wärme gehören würden, um den Vortheil zu haben, jede andere Wärme alsdann nur geradezu, durch $n + t$ oder $n + \tau$ und dergl. ausdrücken zu können.

61. Noch muß ich erinnern, daß wenn man vermittelst eines Thermometers die Kraft der Wärme in einem Körper untersuchen will, man dabey voraussetzen muß, daß der Raum, den die Kugel des Thermometers einnimmt, gegen

gegen den des zu untersuchenden Körpers so gering sey, daß die Wärme, welche das Thermometer selbst, dem zu untersuchenden Körper raubt, oder mittheilt, für Null gelten darf. Denn ohnstreitig ist die Spannung oder Kraft der Wärme in einem Tropfen kochenden Wassers so groß, als in einem Pfunde desselben. Läßt man aber jenen Tropfen auf die Kugel eines Thermometers fallen, so wird er das Quecksilber nicht so hoch treiben, als wenn man das Thermometer in jenes Pfund kochenden Wassers eintaucht, begreiflich, weil das Volumen des Thermometers gegen jenen Tropfen zu groß ist, als daß sich durch die Wärme, welche der Tropfen an das Thermometer abgiebt, seine eigene Wärme, nicht merklich ändern sollte.

Spezifische Wärme.

62. Wenn nun also die Kraft oder Spannung der Wärme in einem Körper, dessen Temperatur $= t$, durch $n + t$ ausgedrückt werden kann, (57. XIX) so setze man in (49. VIII) statt G, den Werth $n + t$; dann ist

$$n + t = \frac{Q.E}{M.C} \quad \text{oder}$$

$$Q = M. \frac{C}{E} (n + t)$$

woraus

woraus denn erhellet, wie Quantität der Wärme, Masse des Körpers, spezifischer Wärmeraum desselben, Temperatur, und spezifische Spannung der Wärme in ihm, von einander abhängen.

63. Bedeuten q, m, c, e, τ, für einen andern Körper ähnliche Dinge so ist

$$Q : q = \frac{M.C}{E}.(n+t) : \frac{m.c}{e}(n+\tau).$$

64. Haben demnach beyde Körper gleiche Massen und Temperaturen, so verhalten sich die Quantitäten der Wärme in ihnen, oder

$$Q : q = \frac{C}{E} : \frac{c}{e}$$

oder wie die spezifischen Wärmeräume dividirt durch die spezifische Elasticität des in ihnen enthaltenen Wärmestoffs.

65. Die Ausdrücke $\frac{C}{E}$, $\frac{c}{e}$, stellen also die verhältnißmäsigen Quantitäten freyen Wärmestoffs vor, welche in zwey Körpern von gleichen Massen und Temperaturen, enthalten seyn würden; sie werden also dasjenige bedeuten, was Crawford und andere, spezifische Wärme, oder auch Capacität genannt haben.

66.

66. Erfahrungen haben nämlich gelehrt, daß in gleichen Massen ungleichartiger Körper, bey gleichen Temperaturen derselben, sehr unterschiedene Quantitäten Wärmestoffs enthalten seyn können, oder auch, welches auf eins hinauslauft, daß sehr unterschiedene Quantitäten Wärmestoffs erforderlich sind, in zwey gleich grossen Massen verschiedener Körper, von gleicher Temperatur, einerley Aenderung der Temperatur hervorzubringen, d. h. ihre gemeinschaftliche T. um gleich viel zu erheben oder zu erniedrigen.

67. Diese Fähigkeit der Körper, durch gleichen Zusatz von Wärmestoff, auf unterschiedene Temperaturem erhoben zu werden, oder auch einerley Aenderung der Temperatur, durch ungleiche Quantitäten aufgenommener Wärme, zu erfahren, hängt ohnstreitig von der Beschaffenheit ihrer für den Wärmestoff empfänglichen Zwischenräume, und von der Verwandschaft ihrer Materie zum Wärmestoffe ab, wodurch derselbe in diesen Zwischenräumchen, bald eine grössere bald geringere Aenderung seiner natürlichen Dehnkraft erleiden muß, wie denn auch die Ausdrücke $\frac{C}{E}$, $\frac{c}{e}$ welche gleichsam diese Capacitäten darstellen, zur Gnüge beweisen.

68. So lange in einem Körper die Grösse $\frac{C}{E}$ ungeändert bleibt, wird er durch gleichen Zusatz von Wärme, immer einerley Aenderung der Temperatur erfahren, wie aus der Formel $Q = M.\frac{C}{E}(n+t)$ erhellt, wo gleichen Aenderungen von Q, gleiche Aenderungen der Temperatur t zugehören, wenn alle übrige Grössen in dieser Formel ungeändert bleiben.

69. Ich werde in der Folge, die spezifische Capacität $\frac{C}{E}$, oder auch die spezifische Wärme eines Körpers (also die Quantität der Wärme in einer zur Einheit angenommenen Masse des Körpers) der Kürze halber mit A bezeichnen, und demnach die Quantität der Wärme in der Masse M dieses Körpers, bey der Temperatur t desselben, durch

$$Q = M.A(n+t)$$

ausdrücken.

Einige Folgerungen hieraus.

70. Ohnstreitig kann sich die Fähigkeit eines Körpers, Wärmestoff zu enthalten, oder die spezifische Wärme desselben, ändern, wenn entweder die Form und Menge seiner für den Wärmestoff empfänglichen Zwischenräumchen

 (18.),

(18), oder auch die Ziehkraft seiner Materie zum Wärmestoffe Aenderungen erfährt. Beydes setzt wesentliche Aenderungen in der Natur und Beschaffenheit des Körpers zum Voraus, die er entweder durch die Würkungen der Wärme selbst, oder durch chemische Einwürkungen anderer Stoffe erfahren kann. Zuweilen können auch mechanische Kräfte, Aenderungen in der Capacität eines Körpers hervorbringen.

71. Durch die Würkungen der Wärme selbst, kann ein Körper seine Capacität ändern, wenn er z. E. durch Erhöhung der Temperatur sich in einen grössern Raum ausdehnt, oder durch Verminderung derselben, sich zusammen zieht.

72. In dem erstern Falle würde in dem Ausdrucke für die spezifische Wärme, nämlich $A = \frac{C}{E}$, der spezifische Wärmeraum C zunehmen, in dem letztern aber abnehmen, mithin A selbst wachsen oder abnehmen müssen, wenn nicht gewöhnlich jene Aenderungen von C auch auf E Einfluß hätten (43.).

73. Also nur in dem Falle, wenn E sich nicht in gleichem Verhältnisse mit C ändert, kann durch die Würkungen der Wärme selbst, insofern sie den Körper ausdehnt, oder Kälte ihn zusammenzieht, eine Aenderung seiner Capacität A erfolgen, dergestalt, daß z. E. eine grössere

Quan-

Quantität Wärmestoffs erforderlich ist, ihn bey einer Temperatur von 80 Graden, um 10 Grade zu erheben, als zu dieser Würkung bey einer Temperatur von 0 Graden erfordert würde.

74. Solchergestalt ändert sich z. B. die Capacität des Wassers, wenn es aus dem tropfbar-flüssigen Zustand in den festen, oder umgekehrt, aus diesem in jenen übergeht. So lange es im tropfbarflüssigen Zustande ist, ändert sich mit der Temperatur desselben, die Capacität nicht merklich, sobald es aber in Dampfform übergeht, wird die Capacität desselben merklich grösser, doch nicht, in Verhältniß des grössern Raums, den das Wasser im Dampfzustande einnimmt.

75. Haben Crawfords Versuche ihre Richtigkeit, so wäre die Capacität des reinen Wasserdampfes, zu der des Wassers, nur wie 1,55 : 1 und die des Wassers zum Eise = 1 : 0,9. Es läßt sich hieraus herleiten, wie groß die spezifische Elasticität E des Wärmestoffs ohngefähr in dem Wasserdampfe angenommen werden müßte, wenn seine Capacität $\frac{C}{E}$ sich zu der des Wassers $\frac{c}{e}$, nach Crawfords Versuchen, wie 1,55 : 1 verhielte.

76. Setzt man nämlich

$$\frac{C}{E} : \frac{c}{e} = 1{,}55 : 1$$

so wird $E : e = C : 1{,}55 . c$.

77. Nun weiß man aber, daß der Dampf wenigstens einen 1500 mal grössern Raum einnimmt, als die Portion Wassers, aus der er entstanden ist. Da also c die Summe der Wärmeräumchen in dem Wasser, C aber in dem Wasserdampfe bedeutet, so muß wenigstens $C : c = 1500 : 1$ seyn, mithin

$$E : e = 1500 : 1{,}55$$
$$= 978 \ : \ 1$$

oder der Wärmestoff würde in dem Wasserdampfe wenigstens 978 mal spezifisch elastischer als in dem Wasser, woraus der Dampf entstanden ist, seyn müssen; woraus denn weiter folgt, daß wenn Wasser und Wasserdampf gleiche Temperatur haben, die Dichtigkeit der Wärme in dem Wasserdampfe wenigstens 978 mal geringer als in dem Wasser seyn müsse.

78. Man sieht hieraus, wie sehr unter der Voraussetzung, daß alle Wärme in dem Wasserdampfe nur allein freye Wärme sey, (denn darauf beziehen sich alle bisherige Untersuchungen) der Begriff von der Quantität der Wärme in dem Wasserdampfe

pfe sich vermindern muß: denn ist die Dichtigkeit der Wärme in dem Dampfe 978 mal geringer als in dem Wasser, so muß z. E. in einem Kubikschuh Wasserdampfs, in eben dem Verhältnisse auch weniger Wärmestoff als in einem Kubikschuh Wassers enthalten seyn, wie denn auch daraus erhellt, daß wenn die Quantitäten der Wärme in gleichen Massen Wassers und Wasserdampfs sich wie 1 zu 1,55 verhalten, sie sich in gleichen Räumen (z.E. in einem Kubikschuhe beyder Substanzen) wie 1500.1 zu 1,55 also wie 978 zu 1 verhalten müssen, wenn nämlich in beyden Substanzen die Kraft der Wärme, also die Temperatur dieselbe ist.

79. Die Dichtigkeit des Wärmestoffs ist nach den in (37.41.) geführten Betrachtungen, wie in keinen Zwischenräumen eines Körpers, also auch nicht in dem Wasserdampfe durchaus gleichförmig. Die in (77) berechnete Dichte, wird sich also eigentlich nur auf die mittlere Dichte des Wärmestoffs (41) in den Zwischenräumen des Dampfes beziehen; ein Gleiches gilt von der in (77.) berechneten spezifischen Elasticität des Wärmestoffs, im Wasserdampfe.

80. Die ungleichförmige Dichte des freyen Wärmestoffs in den Zwischenräumen des Wasserdampfes ist zu erwägen nöthig, wenn sich die

bey Zersetzung der Wasserdämpfe entstehende Hitze, soll erklären lassen, ohne dabey eines gebundenen Wärmestoffes, oder einer Entbindung desselben, zu bedürfen.

Zersetzung der Wasserdämpfe.

81. Sie geschieht, wenn die Wassertheilchen des Dampfes in ihrem natürlichen Hange sich anzuziehen und zu vereinigen, durch nichts gehindert werden.

82. Hat der Dampf seine elastische Form nur allein dem mit ihm verbundenen freyen Wärmestoffe zu verdanken, so kann es also auch nur diesem allein zugeschrieben werden, wenn die Theilchen des Dampfes unter jener Form bleiben, sich nicht vereinigen, und wieder in den tropfbaren Zustand zurückkehren.

83. Die wässerichten Theile des Dampfes werden nämlich durch die ausdehnende Kraft des zwischen ihnen enthaltenen Wärmefluidums, gleichsam in gewissen Entfernungen gehalten, und dadurch verhindert, sich in Tröpfgen zu vereinigen.

84. Durch diesen gegenseitigen Hang der Wassertheilchen zur Vereinigung, zersetzen sich die wässerichten Dämpfe oder Dünste, so bald jene

jene Theilchen, durch welche Ursache man will, in einen so geringen Abstand kommen, daß sie ihrem Streben nach Vereinigung würklich folgen können.

85. Man begreift hieraus, daß es in diesem Abstande oder dieser Annäherung der Theile, gleichsam ein Kleinstes, und folglich in der Dichtigkeit des Dampfes bey einer gewissen Temperatur, ein Größtes geben muß, welches der Dampf, ohne sich wenigstens zum Theil zu zersetzen, nicht überschreiten kann. Je grösser die Temperatur des Dampfes ist, eine desto grössere Dichtigkeit, und folglich eine desto kleinere Annäherung seiner Theilchen kann er vertragen, ohne zerstört zu werden, weil bey einer höheren Temperatur, der zwischen den Theilchen des Dampfes enthaltene Wärmestoff auch eine grössere ausdehnende Kraft hat, wodurch die Annäherung dieser Theilchen verhindert wird.

86. Können sie durch ein anderes elastisches Fluidum, als durch den Wärmestoff, z. E. durch Beymischung von Luft, an ihrer Vereinigung gehindert werden, so kann dagegen die Temperatur des Dampfes viel geringer seyn, ohne daß sich derselbe zersetzte, und dies ist der einzige Umstand wodurch sich die reinen Dämpfe des siedenden Wassers, von dem mit Luft vermischten gewöhnlichen

Dunste unterschieden. In dem reinen Dampfe, ist es nur allein der Wärmestoff, welcher durch seine Elasticität dem natürlichen Hange der Wassertheilchen sich zu vereinigen, widersteht. Nur von diesem reinen unvermischten Wasserdampfe, ist in den folgenden Betrachtungen die Rede.

87. Wäre der Wärmestoff in dem Wasserdampfe, durchaus von einer gleichförmigen Dichte und Dehnkraft, und nicht zunächst um die Theilchen des Dampfes dichter, als weiter davon (folglich nach (38) auch in eben dem Grade minder elastisch) so würde sich die bey Zersetzung eines Dampfes entstehende Temperaturerhöhung, in verschiedenen Fällen, nicht ungezwungen erklären lassen.

88. Ich will zuerst den Fall nehmen, wenn ein Dampf wegen seiner allzugrossen Dichte (85.) genöthigt wird, sich zu zersetzen. Dies kann geschehen, wenn entweder eine und dieselbe Portion Dampfes, ineinen kleinern Raum zusammengepreßt, oder in denselben Raum so viel Dampf hinein geleitet wird, daß die wässerichten Theile desselben, das Minimum ihres Abstandes (85) überschreiten, und dadurch in die Würkungskreise ihrer gegenseitigen Anziehung gelangen.

89. Nun hat die Erfahrung gelehrt, daß wenn man z. E. eine Portion Wasserdampfes von der Temperatur des kochenden Wassers, in einem Gefässe, welches eben die Temperatur hat, vermittelst eines überall wohl anschliessenden Stempels zusammendrückt, die Temperatur um mehrere Grade erhöhet wird.

90. Hier könnte man nun freylich zweifeln, ob dies von einer Zersetzung des zusammengedrückten Dampfes herrühre, weil man sich auch vorstellen könnte, durch diese Zusammendrückung werde nur der zwischen den Theilchen des Dampfes enthaltene Wärmestoff, als ein elastisches Fluidum, zusammengepreßt, die Kraft desselben also verstärkt, und solchergestalt die Temperaturerhöhung bewürkt (85.).

91. Weil daher, nach dieser Vorstellung, die Erklärung keine besondere Schwierigkeit zu haben scheint, so will ich den zweyten Fall vornehmen, wobey man sich keine eigentliche Zusammendrückung des Wärmestoffs gedenken kann, nämlich, wenn man aus der Mündung einer Aeolipila, die Dämpfe z. E. in eine offene gläserne Flasche gehen läßt. Hier ist der mit den Dämpfen in die Flasche gehende Wärmestoff in Ansehung seiner Verbrei-

tung, sich selbst überlassen, und also nirgends eigentlich zusammengedrückt, wie in dem vorhergehenden Falle.

92. Die Flasche selbst wird nun durch die hineingeleiteten Dämpfe allmählig erhitzt, und, so wie die Luft aus ihr herausgetrieben wird, immer mehr mit reinem Wasserdampfe erfüllt. Anfänglich zersetzt sich der Wasserdampf, weil er in ein kälteres Medium kommt; diese Zerstörung der Dämpfe setze ich aber jetzt beyseite, weil sie von einem andern Umstande, als von der allzugrossen Dichtigkeit derselben, abhängt. Ich betrachte den Zeitpunkt, wenn die Flasche innen die gewöhnliche Temperatur der Dämpfe, nämlich 212° Farenheit, selbst erreicht hat. Nun zersetzen sich demohngeachtet noch die Dämpfe, wie man an dem sich in der Flasche immer mehr anhäufenden Wasser bemerken kann. Auch wird die Flasche so unerträglich heiß, daß man schon nach dem blossen Gefühle urtheilen kann, daß ihre Temperatur viel grösser seyn muß, als wenn kochendes Wasser in ihr wäre, oder als die der Wände eines eben so dicken Gefässes seyn würde, worinn Wasser kochend erhalten wird, und ohngeachtet die Aussenseite jener Flasche immer sehr viel Wärme in der Luft verliehrt, so schmelzt doch ein Stückchen Geigenharz oder

Siegellack viel leichter an ihr, als wenn blos kochendes Wasser in ihr ist.

93. Diese so ansehnliche Hitze kann sie nicht von den Dämpfen, als Dämpfen, erhalten, d. h. in so ferne die Dämpfe blos das Gefäß durchstreichen, ohne daß sie sich zugleich zersetzten; sondern sie muß daher rühren, daß diese Dämpfe sich in dem Gefäße würklich zersetzen, und daß dies geschieht, zeigt das sich in dem Gefäße vermehrende Wasser.

94. Diese Zersetzung geschieht aber hier nicht, weil die Dämpfe in ein kälteres Medium kommen, denn ich nehme an, daß das Gefäß schon hinlänglich heiß sey, und wenigstens die Temperatur des unzersetzten Dampfes habe. Also können sie sich hier nur wegen ihrer zu grossen Dichtigkeit zersetzen. Daß nun hiebey das Gefäß eine höhere Temperatur erhält, als wenn in demselben blos kochendes Wasser wäre, oder die Wände desselben nur von unzersetzten Dämpfen, welche doch keine höhere Temperatur haben können, als das Wasser selbst, aus dem sie kommen, berührt würden, so muß diese Temperaturerhöhung von der Zersetzung der Dämpfe selbst herrühren.

95. Wäre nun aber der in den Dämpfen enthaltene Wärmestoff durchaus von gleichförmiger Dichte, so ist nicht abzusehen, wenn die Theilchen des Dampfes sich vermöge ihrer Ziehkräfte zu einer tropfbaren Substanz vereinigen, wie dadurch eine grössere Hitze hervorgebracht, und einem mit ihnen in Berührung stehenden Körper mitgetheilt werden könnte, als dieser Körper erhalten würde, wenn er blos mit unzersetzten Dampfe in Berührung stände. Denn eine Vermehrung der Hitze kann nur durch eine vermehrte Dichte, oder durch eine vergrösserte Elasticität des Wärmestoffes hervorgebracht werden. Keines von beyden könnte geschehen, wenn die wässerichten Theile des Dampfes in einem gleichförmig dichten Wärmestoffe gleichsam nur schwebten, und mit demselben fortgerissen würden, wie die Staubtheilchen in der Luft. So wenig als eine mit Staub angefüllte Luft, dadurch eine grössere Dichte und Elasticität erhalten kann, wenn sich diese in ihr befindlichen fremdartigen Theile zu einer concreten Masse verbänden, eben so wenig würde der mit wässerichten Theilen vermischte Wärmestoff, eine Vermehrung seiner Dichte, und seiner Elasticität erhalten können, wenn sich jene schnell zu einer tropfbaren Masse vereinigten.

96. Gedenkt man sich nun aber den Wärmestoff zunächst um die Theilchen des Dampfes dichter, als weiter davon, wo er weniger von den Ziehkräften jener Theilchen afficirt, und in seiner natürlichen Dehnkraft geschwächt wird (37. 38.); so ist klar, daß wenn nun dergleichen Theilchen sich vereinigen, und dadurch eine geringere Oberfläche erhalten, nunmehr auch weniger Wärmestoff durch Ziehkraft geschwächt werden muß, als zuvor, daß demnach in dem Raume, wo die Zersetzung geschieht, die ausdehnende Kraft des Wärmestoffs im Ganzen vermehrt, d. h. eine Erhöhung der Temperatur hervorgebracht werden muß.

Diese entstandene Hitze, wird nun den mit ihr in Berührung stehenden Körpern z. E. theils der Luft, theils den Wänden obigen Gefässes, mitgetheilt, dadurch erhält der übrig gebliebene unzersetzte Dampf wieder seine gewöhnliche Temperatur, und fängt nun, wenn neuer zu ihm aus der Dampfkugel strömt, abermals an, sich zu zersetzen, und so muß nach und nach, immer mehr Hitze, hervorgebracht, und den Körpern, welche mit dem sich zersetzenden Dampfe in Berührung stehen, mitgetheilt werden.

97. Auf eine ähnliche Art wird der Deckel eines Gefässes, worinn Wasser kocht, heisser als die Wände des Gefässes, und als das Was-

Wasser selbst, weil er mit den sich zersetzenden Dämpfen in unmittelbarer Berührung steht. Auch können diese Dämpfe das ihrige dazu beytragen, daß die obern Schichten des Wassers heißer als die untern seyn sollen, ohngeachtet diese der Feuerquelle näher sind. Denn daß die untern Schichten blos deswegen kälter seyn sollten, weil sie Wärme verliehren, welche mit den sich erzeugenden Dämpfen davon geht, kann ich mir nicht vorstellen, weil die Wärme, welche mit den Dämpfen fortgeht, nur der Ueberschuß derjenigen ist, welche das Wasser nach seiner Capacität nicht fassen kann; denn das Wasser kocht nicht eher, als bis es das Maximum der Hitze erreicht hat, die es bey einem bestimmten Drucke der Atmosphäre vertragen kann, nun erst entstehen Dämpfe, durch ferneres Eindringen der Wärme, aber die hierzu verwandte Wärme verliehrt nicht das Wasser, was den Boden des Gefässes bedeckt, sondern die Feuerquelle, aus der sie kommt. Ueberhaupt aber glaube ich, wenn das Wasser einmal durch das Kochen in Bewegung gesetzt wird, jener Unterschied in der Temperatur der obern und untern Schichten, nicht mehr statt finden kann. Kocht es noch nicht völlig, so sind ganz zuverläsig die obern Schichten kälter, als die untern.

98.

98. Der gewöhnliche Fall bey Zersetzung der Dämpfe, ist der, wenn sie in ein kälteres Mittel gelangen. Hier verliehren sie durch Mittheilung eine gewisse Quantität ihrer freyen Wärme, und die übrig gebliebene hat nicht mehr Dehnkraft genug, die Wassertheilchen in ihrem gehörigen Abstande zu erhalten. Sie nähern sich nun, ihren Ziehkräften zufolge, und vereinigen sich. In demselben Augenblicke muß aber ein Theil Wärmestoffs, aus eben den Gründen, wie oben (96) eine verstärkte Dehnkraft erhalten, also eine Temperaturerhöhung bewürken, wenn er in dem Raume, wo die Zersetzung geschehen ist, beysammen bliebe, und sich nicht in die umgebenden Körper wieder zerstreute.

99. Auf diese Art muß die Zersetzung des Dampfes so lange dauern, bis die Spannung der Wärme, in dem umgebenden Mittel, so groß ist, daß sie der, in dem noch übrigen Dampfe, das Gleichgewicht hält, oder ein anderes elastisches Fluidum die Stelle der Wärme vertritt (86).

100. Gewöhnlich stellt man sich vor, die bey Zersetzung der Dämpfe entstehende Hitze rühre vom gebundenen Wärmestoffe her, der bey diesem Processe frey werde. Allein wenn man unter gebundenen Wärmestoff

den-

denjenigen versteht, welcher durch seine Vereinigung mit körperlichen Substanzen, völlig seines eigenthümlichen Charakters, nämlich seines Strebens nach Mittheilung und Gleichgewicht, beraubt worden ist, so kann man ihn in diesem Sinne, wohl nicht in dem Dampfe gebunden nennen, weil er durch eine blosse Verminderung der Temperatur des umgebenden Mittels, aus dem Dampfe entweicht, wie Luft aus den Zwischenräumen des Wassers, so bald die äussere verdünnt wird.

101. Der Wärmestoff folgt hier (wie die Luft) den Gesetzen der Elasticität; daß aber seine spezifische Dehnkraft in dem Dampfe schwächer ist, als in dem vollkommen leeren Raume, und er deswegen in dem Dampfe eine grössere Dichte, als in dem leeren Raume haben muß, wenn in beyden ein Gleichgewicht der Wärme, d. i. eine gleiche absolute Spannung derselben statt finden soll, macht ihn deswegen noch nicht zu einem gebundenen Wärmestoffe.

102. Wir müßten sonst mit eben dem Rechte, alle Wärme in einem Körper gebunden nennen, welche man doch sonst gewöhnlich in ihm als freye Wärme betrachtet; denn daß z. E. durch einerley Quantität freyer Wärme, das Queck-

Quecksilber eine viel höhere Temperatur, als das Wasser erhält, oder eine viel grössere Quantität Wärmestoffs erforderlich ist, Wasser um eine gewisse Temperatur zu erheben, als zu einer eben so grossen Masse Quecksilbers nöthig ist, heißt nicht, daß eine Portion Wärmestoffs in dem Wasser gebunden werde, sondern nur, daß der Wärmestoff in dem Wasser, eine geringere spezifische Dehnkraft habe, als in dem Quecksilber, in jenem also durch eine grössere Quantität ersetzt werden müsse, um auf ein Thermometer dieselbe Würkung äussern zu können, daß er aber in beyden Substanzen immer noch frey sey, und aus ihnen entweiche, durch bloße Verminderung der Temperatur des umgebenden Mittels.

103. Wenn man daher sagt, die spezifische Wärme des Quecksilbers verhalte sich zu der im Wasser wie 1 : 21, so betrachtet man ja auch diese Quantitäten der Wärme gewöhnlich nur als freye Wärme, weil dieses Verhältniß durch Mischungen beyder Substanzen gefunden worden ist, wobey man ausdrücklich voraussetzt, daß keine Wärme durch eine chemische Vereinigung gebunden werde. Dies Beyspiel ist jenem (101.) von dem Wasserdampfe und dem leeren Raume, vollkommen analog.

Ueber das Schmelzen des Eises.

104. Auf eine ähnliche Art behauptet man, die Quantität Wärme, welche eine Portion Eis in Wasser verwandelt, sey mit demselben chemisch vereinigt worden, und dennoch sieht man durch bloße Verminderung der Temperatur des umgebenden Mittels, diese Quantität Wärme, wieder aus dem Wasser entweichen, und während dies geschieht, kehrt das Wasser wieder in den festen Zustand zurück. Die grössere Quantität von Wärme, kann also in dem flüssigen Wasser nicht im gebundenen Zustande seyn, (wie könnte sie sonst das Wasser verlassen?) sie hat nur eine geringere spezifische Dehnkraft, als die in dem Eise, und wenn daher Wasser und Eis gleiche Temperatur haben, so hält die grössere Quantität freyer Wärme in dem Wasser, bey einer geringern spezifischen Elasticität, der geringern Menge im Eise bey einer grössern spezifischen Elasticität, das Gleichgewicht, völlig wie in (102.), wo verschiedene Quantitäten freyer Wärme in Wasser und Quecksilber einander das Gleichgewicht der Wärme halten.

105. Wäre es möglich, daß diejenige Quantität Wärme, welche Eis in Wasser verwandelt, während dieser Formänderung des Eises, keine

keine Schwächung ihrer spezifischen Elasticität erlitte, so würde das aus dem Eise entstandene Wasser, nicht mit dem Eise gleiche Temperatur haben können, sondern auf eine ohngleich höhere erhoben werden müssen.

Nach den interessanten Versuchen welche die Herrn Wilke, Blak, Lavoisier und andere, über diesen Gegenstand angestellt haben, kann man annehmen, daß unter der angeführten Bedingung, das aus dem Eise entstandene Wasser wenigstens eine Temperatur von 80 Celsiussischen Graden über die des Eises erhalten müßte, woraus denn folgt, daß, wenn eiskaltes Wasser sich in Eis selbst verwandelt, eine Quantität Wärme aus dem Wasser ausströmen muß, welche wenn sie in dem Eise bliebe, und mit der in demselben noch übrig bleibenden, gleiche spezifische Dehnkraft behielte, die Temperatur desselben ebenfalls um 80 Celsiussische Grade erheben würde.

106. So lange die Capacität oder die spezifische Wärme eines Körpers, durch den Zusatz einer gewissen Quantität Wärmestoffs, ungeändert bleibt, muß dieser Zusatz allemal eine Temperaturerhöhung bewürken, wenn anders nicht eine gewisse Menge dieses Wärmestoffs eine chemische Vereinigung mit dem Körper eingehet.

 107.

107. Wenn wir demnach sehen, daß durch eine gewisse Quantität von Wärme, welche dem Eise zugesetzt wird, um es in eiskaltes Wasser zu verwandeln, keine Temperaturerhöhung hervorgebracht wird, so muß diese Quantität von Wärme, entweder eine chemische Bindung erlitten haben, oder das Eis muß eine solche Aenderung seiner Capacität erfahren haben, daß, wenn es in eiskaltes Wasser übergegangen ist, diese Aenderung allein hinlänglich ist, die nicht erfolgende Temperaturerhöhung zu erklären.

108. Daß eine solche Aenderung der Capacität, wenigstens zum Theil, beym Schmelzen des Eises geschehe, liesse sich aus der neuen Form des aus ihm entstandenen Körpers, nämlich des Wassers, muthmassen. Ob aber diese Aenderung so viel betrage, die Beständigkeit der Temperatur während des Schmelzens dadurch zu erklären, kann nur allein durch genaue Versuche über die Capacitäten des Eises und Wassers, entschieden werden.

109. Sind diese Capacitäten hinreichend, gedachtes Phänomen (107.) zu erklären, so ist es unnöthig, eine würkliche Bindung des Wärmestoffs, bey der Verwandlung des Eises in Wasser, anzunehmen, und alles erklärte sich demnach blos allein nach der schon in (104.)

bey-

beygebrachten Vorstellungsart, zu deren weiterer Erläuterung noch folgende Betrachtungen dienen können.

I. Gesetzt die Capacität eines Körpers dessen Masse $= M$ (z. E. des Eises) heisse a, und verwandele sich in $a + \alpha$, wenn die Quantität seiner Wärme Q, den Zusatz q, bekomme. Heißt nun die Temperatur desselben vor der Aenderung seiner Capacität $= t$, nach der Aenderung aber $= \tau$, so ist, wenn n den niedrigsten Grad der Wärme bedeutet, im ersten Falle

$$Q = Ma(n + t) \quad (69.)$$

im zweyten

$$Q + q = M(a + \alpha)(n + \tau)$$

II. Soll demnach die Temperatur des Körpers durch jenen Zusatz von Wärme, keine Aenderung leiden, (wie, wenn das Eis in Wasser übergeht,) so ist $n + t = n + \tau$ mithin muß seyn

$$Q : Q + q = a : a + \alpha$$

III. Oder auch

$$Q : q = a : \alpha$$

d. h. die Aenderung α der Capacität, muß in dem Verhältnisse des Zusatzes q von Wärmestoff stehen, wodurch der Körper diese Aenderung α seiner Capacität erlitten hat.

IV. Ob. sich dies bey dem Eise und Wasser so verhalte, entscheidet sich auf folgende Art.

V. Wenn sich eine Masse Eis (die ich $= 1$ setzen will) von der Temperatur $t = 0$, in Wasser von der Temperatur 0 verwandeln soll, so erfordert das Eis einen solchen Zusatz q von Wärmestoff, welcher die Temperatur einer eben so grossen Masse Wassers, um 80 Celsiussische Grade erheben würde. (105.)

VI. Setzt man demnach die Capacität dieses Wassers $= 1$, so läßt sich die Quantität der Wärme, die es bey der Temperatur 80 enthalten würde, (nach (69.) wo $M = 1$, $A = 1$, und $t = 80$) durch $n + 80$ ausdrücken, die Quantität der Wärme aber, die es bey der Temperatur 0 enthalten würde, blos durch n, mithin die Quantität der Wärme, welche es blos von 0 bis 80 Grad erheben würde, durch $n + 80 - n$ d. h. durch die Zahl 80 selbst. Demnach wäre $q = 80$.

VII. Nun haben Erfahrungen gelehrt, daß, wenn die Capacität des Wassers $= 1$ gesetzt wird, die des Eises $= 0,9$ sey.

VIII. Die Quantität der Wärme in dem Eise, wenn es die Temperatur $t = 0$ hat, wür-

würde demnach (ebenfalls nach (69.)) durch $Q = 0{,}9 . n$; ausgedrückt werden müssen.

IX. Diese Werthe von Q und q müssen sich nun nach (III.) wie $a : \alpha$ verhalten d. h. wie die Capacität a des Eises, zu dem Unterschiede α der Capacitäten $a + \alpha = 1$ des Wassers, und der Capacität $a = 0{,}9$ des Eises, demnach würde

$$0{,}9 . n : 80 = 0{,}9 : 0{,}1$$

d. h. $9n : 800 = 9 : 1$

seyn müssen.

X. Wenn diese Proportion ihre Richtigkeit hat, so wird dadurch erwiesen seyn, daß bey der Verwandlung des Eises in Wasser, keine Wärme gebunden wird, sondern daß vielmehr die Ursache, warum diejenige Quantität freyer Wärme, welche zum Schmelzen des Eises verwandt wird, keine Temperaturerhöhung hervorbringt, blos darinn liege, daß das aus dem Eise entstandene Wasser mehr Capacität, als das Eis selbst hat, mithin auch mehr freye Wärme als das Eis, bey derselben Temperatur zu enthalten vermag.

XI. Zur Prüfung dieser Proportion muß man den Werth n vom Eispunkt bis zum niedrigsten Wärmegrade wissen.

XII. Nimmt man diesen, nach den Erfahrungen, welche Hr. Gadolin (Abh. der schwed. Acad. der Wissenschaften 1784. S. 235.) über eine Menge von Körpern angestellt, zu 800 Celsiusischen Graden an, so hätte freylich obige Proportion, und die Folge daraus ihre Richtigkeit.

XIII. Indessen glaube ich, daß die Versuche über den Werth von n, so wie auch über die Aenderung der Capacität, welche das Wasser, wenn es in Eis übergeht, leidet, noch nicht genug wiederholt sind, um obige Proportion, und ihre Folgerungen, vollkommen für erwiesen zu halten, es kann immer bey der Verwandlung des Eises in Wasser, eine gewisse Menge Wärmestoffs chemisch gebunden werden, zumal wenn die Vermuthung (56. XVIII.) daß vielmehr $n = 270$ seyn müßte, sich durch fernere Untersuchungen bestätigen sollte.

Ueber permanent-elastische Flüssigkeiten, Wärme bey Mischungen u. dergl.

110. Aehnliche Betrachtungen, als ich bisher über die Verwandlung des Wassers in Dämpfe, und des Eises in Wasser, durch den

den Beytritt von Wärmestoff, angestellt habe, lassen sich über die Entstehung der sogenannten permanent elastischen Flüssigkeiten, nämlich der Luftarten, beybringen.

111. Von diesen behaupten die meisten Naturlehrer, daß der zu ihrer Bildung verwandte Wärmestoff, chemisch mit den Bestandtheilen oder Grundstoffen derselben, verbunden werde, weil sie nicht, wie Wasserdämpfe, durch blosse Verminderung der Temperatur sich zersetzen, sondern unverändert ihre elastische Form behalten, und den Beytritt fremder Stoffe erfordern, um in den unelastischen Zustand zurückzukehren. Selbst Pictet, welcher weder in dem Dampfe, noch in dem Wasser, gebundene Wärme annimmt, sagt im 24ten §. seines Versuchs über das Feuer: „endlich existirt auch das Feuer (der Wärmestoff) ohne Zweifel als innig und chymisch mit den Körpern verbunden, oder macht einen wesentlichen Bestandtheil derselben aus. In diesem Zustande habe es nicht nur alle seine thermometrische und erwärmende Wirkung verlohren, sondern auch (welches wohl auf eins hinausläuft) sein Streben nach Gleichgewicht, das es in den bisher betrachteten Modificationen (des Wasserdampfs und des Wassers) beybehalten hatte. Es sey so

stark durch die Bande der chymischen Verwandschaft gefesselt, daß selbst keine Erkältung es in Wirksamkeit setzen könne. So zeige es sich z. B. unabhängig von der spezifischen Wärme in den Säuren, in den bleibend luftförmigen Flüssigkeiten, die, wie es scheine, ihr Daseyn und ihre Elasticität ganz ihm zu verdanken hätten, und nur in dem Augenblick, da sich diese Substanzen durch die Wirkung der Wahlverwandschaften (also durch Hinzukommen fremder Stoffe) zersetzten, und neuen Verbindungen Raum gäben, geschehe es, daß das Feuer, seiner Bande entledigt, seine Wirksamkeit und sein Streben nach Gleichgewicht wieder erhalte, und fühlbare Wärme werde" u. s. w. Eben dieser Meinung ist Hr. de Luc in seinen neuen Ideen über die Meteorologie, und mehrere, die ich hier übergehe.

112. Crawford hingegen scheint mehr für die entgegengesetzte Meinung zu seyn, wiewohl er sich nicht ganz bestimmt darüber ausdrückt. Einmal sagt er (S. 337. der deutsch. Ueb.) wenn man die Wärme als eine eigene Substanz oder als ein Element von eigener Art (sui generis) betrachte, so entspreche die Art ihrer Vereinigung mit Körpern, der besondern Art von chymischer Verbindung, wo die

die Elemente durch die vereinigten Kräfte des Drucks und der Anziehung verbunden würden, ohngefähr wie feste Luft, die vom Wasser verschluckt wird, zum Theil durch ihre Anziehung gegen das Wasser, zum Theil durch den Druck der äussern Luft in dieser Flüssigkeit erhalten wird. Werde eine von diesen Kräften vermindert, so entweiche sogleich ein Theil der festen Luft. Auf eine ähnliche Art, sey der Wärmestoff theils durch Verwandschaft, theils durch die Wirkung des umgebenden Mittels in Körpern enthalten, und ein Theil desselben werde entbunden, man möge nun entweder die anziehenden Kräfte, oder die Temperatur des umgebenden Mittels vermindern. —

113. Man sieht aus diesen Aeusserungen, daß Crawford den Wärmestoff zwar als eine den Gesetzen der Verwandschaft d. h. der Anziehung, unterworfene Substanz betrachtet, aber ihn ohngeachtet dieser Verbindung doch noch immer beweglich d. h. frey genug sich gedenkt, um durch Verminderung der Temperatur des umgebenden Mittels seiner Elasticität eben so folgen zu können, wie Luft aus dem Wasser, durch Verminderung des äussern Drucks. Hiemit stimmt denn auch überein, wenn er S. 338 sagt, daß die Art

der

der Verbindung des Wärmestoffs mit Körpern, von der einer chemischen Vereinigung, verschieden zu seyn scheine, weil bey einer solchen chemischen Verbindung, die Elemente ganz neue Eigenschaften bekämen, und derjenigen ganz oder zum Theil beraubt würden, die sie zuvor charakterisirten, das Feuer hingegen seine unterscheidende Eigenschaften, (also Streben nach Gleichgewicht, oder Beweglichkeit nach dem Orte, wo es in geringerer Spannung vorhanden ist) in keinem Falle, (also auch nicht, in so ferne es in den luftförmigen Stoffen enthalten ist,) verlöhre u. s. w. Auch sagt er S. 288. daß bisher noch kein Versuch angestellt sey, der die Möglichkeit einer solchen chemischen Verbindung des Elementarfeuers mit Körpern erwiese, daß es seine unterscheidenden Eigenschaften verlöhre. Um dies nämlich als eine Thatsache festsetzen zu können, sagt er, würde bewiesen werden müssen, daß wenn Körper durch eine Aenderung ihrer Form, empfindbare Wärme (also eine Temperaturerhöhung) hervorbringen, ihre Capacitäten entweder nicht vermindert werden, oder daß die Verminderung der Capacität, mit den Quantitäten der entstandenen Wärme nicht im Verhältnisse wäre u. s. w. Zwar hätten die Herren Lavoisier und de la Place gezeigt, daß die Quantitäten der entwickelten

ten Wärme, in einigen Fällen mit den Aenderungen der Capacität nicht zusammenträfen, sie nähmen aber selbst an, daß diese scheinbaren Abweichungen von diesem Gesetze nicht größer seyen, als sich von unvermeidlichen Irrthümern der Versuche herleiten ließe. Auch habe er selbst, zwar durchgehends gefunden, daß die Capacitäten der Körper vermindert wurden, wenn sie, zu folge einer Veränderung ihrer Form, Wärme hervorbrachten, hingegen zunahmen, wenn sie Kälte hervorbrachten, sey aber jedoch nicht im Stande gewesen, seine Versuche auf einen solchen Grad der Genauigkeit zu bringen, daß er mit Gewißheit bestimmen könne, ob die Zu- oder Abnahme der Capacität hinreichend sey, die entstandene Temperaturerhöhung oder Verminderung zu erklären (also nicht auch chemische Bindung oder Entbindung von Wärmestoff angenommen werden müsse). Indessen, zu bestimmen, ob irgend ein Theil der Wärme (der von Körpern eingeschluckt wird, wenn ihre Capacitäten erhöhet werden) mit ihnen eine chemische Verbindung eingehe, müsse man eine Reihe von genauen Versuchen über den niedrigsten Grad der Wärme (also über den bisherigen Werth von D) anstellen, und untersuchen, ob man diesen bey allen Körpern, von einer beständigen

Grös-

Grösse finde. Sey dies der Fall, so könne man sicher daraus folgern, daß die empfindbare Wärme oder Kälte, welche mit der Formänderung der Körper verknüpft sey, einzig und allein von einer dabey geschehenen Abänderung der Capacität, herrühre. Im Gegentheil, könne man schließen, daß ein Theil der Wärme, der von Körpern eingeschluckt werde, wenn ihre Capacitäten wachsen, eine chemische Verbindung mit ihnen eingehe, und seine unterscheidende Eigenschaften verliehre u. s. f.

114. In wie ferne man dies aus der Beschaffenheit dieses niedrigsten Grades der Wärme schließen könne, entscheidet sich aus (57. u. f.) Es ist nämlich n schon an und für sich eine beständige Grösse, und stellt die Kraft der gesamten freyen Wärme vor, die in einem Körper noch enthalten ist, wenn er die Tempratur des gefrierenden Wassers hat (57. XIX.). In allen Körpern, welche nämlich diese Temperatur haben, ist die Kraft der Wärme, also n, von einerley Grösse, so sehr auch übrigens die Quantität der Wärme in ihnen verschieden seyn kann.

115. Dieser Werth n des niedrigsten Wärmegrades läßt sich finden, wenn man die

Aen-

Aenderung der Temperatur weiß, die ein Körper, zufolge einer Aenderung seiner Form, oder seiner Capacität erleidet. Es muß aber vorausgesetzt werden, daß bey dieser Formänderung keine chemische Bindung oder Entbindung von Wärmestoff geschehe, und demnach jene Temperaturänderung nur allein ein Erfolg der geänderten Capacität des Körpers für den freyen Wärmestoff sey.

I. Gesetzt nämlich ein Körper, dessen Masse $= M$, habe eine Capacität $= A$, und Temperatur $= T$, so ist die Kraft der Wärme in ihm erstlich $= n + T$. (57. XIX.)

II. Nun ändere sich seine Temperatur um t, oder sie sey $T + t$, wenn sich seine Capacität A in a verwandelt, so ist jetzt die Kraft der Wärme in ihm $= n + T + t$.

III. Demnach vor der Aenderung seiner Capacität, die Quantität der freyen Wärme in ihm $= (n + T)\ M.A$ (69.), nach der Aenderung derselben aber $= (n + T + t)\ Ma$.

IV. Soll nun die Quantität der freyen Wärme in dem Körper ungeändert bleiben, d. h. weder durch chemische Bindung vermindert, noch durch Entbindung vermehrt werden, so ist unter dieser Voraussetzung

(n + T)

$$(n+T)\,MA = (n+T+t)\,M.a$$

mithin

$$n = \frac{t\,a}{A-a} - T$$

d. h. der niedrigste Wärmegrad gefunden.

V. Wäre die Quantität der Wärme nach geschehener Form- oder Capacitätsänderung des Körpers, nicht derjenigen vor der Aenderung seiner Capacität, gleich, würde also z. E. ein Theil x von freyer Wärme bey dieser Formänderung des Körpers gebunden oder entbunden, so würde man

$$(n+T).\,MA = (n+T+t)\,Ma \pm x$$

setzen müssen, dies gäbe demnach

$$n = \frac{at}{A-a} - T \pm \frac{x}{M.(A-a)}$$

d. h. der Werth von n würde nun von der Menge x des chemisch gebundenen oder entbundenen Wärmestoffs zugleich mit abhängen, und also bey Versuchen mit verschiedenen Körpern, bey deren Formänderungen nicht einerley Quantität Wärmestoffs chemisch gebunden oder entbunden würde, als eine veränderliche Grösse gefunden werden.

VI. Umgekehrt also, wenn der Werth von n, aus Versuchen mit unterschiedenen Körpern hergeleitet, als eine constante Grösse gefun-

gefunden wird, so kann bey den Formänderungen dieser Körper, keine Wärme chemisch gebunden oder entbunden worden seyn, sondern die dabey entstehende Temperaturänderung muß ganz allein ein Erfolg der geänderten Capacitäten für den freyen Wärmestoff seyn.

VII. Der gewöhnliche Fall, wobey man eine chemische Bindung oder Entbindung von Wärmestoff annehmen zu müssen glaubt, um die entstehende Verminderung oder Vermehrung der Temperatur erklären zu können, ist der, bey Mischungen der Körper.

VIII. Man weiß, daß Vitriolöhl und Wasser zu gleichen Temperaturen gemischt, sich ansehnlich erhitzen, daß Wärme entsteht, bey Auflösungen der Metalle in Säuren, bey gährenden Stoffen u. dgl. die zuvor nicht in denselben zu verspüren war, daß im Gegentheil wieder bey andern Mischungen, Kälte hervorgebracht wird.

IX. Es ist aber gewiß, daß wenigstens in sehr vielen Fällen, die erwähnte Temperaturänderung, nur allein von einer Aenderung der Capacitäten der zusammengebrachten Substanzen herrühre.

X. Wenn diese Substanzen nämlich chemisch auf einander würken, mithin dadurch eine Aenderung ihrer Form erleiden, so kann es

es geschehen, daß hiebey nicht nur die Beschaffenheit ihrer Wärmeräumchen, sondern auch die spezifische Elasticität des in ihnen enthaltenen freyen Wärmestoffs, mithin ihre Capacität geändert wird, das Gemisch folglich, eine Capacität hat, welche von der Summe der Capacitäten der zusammengebrachten Substanzen merklich unterschieden ist. In diesem Falle muß nothwendig eine Aenderung der Temperatur erfolgen, und es ist oft vollkommen hinlänglich, diese Aenderung der Temperatur, durch jene Aenderung der Summe der Capacitäten zu erklären.

XI. Gesetzt eine Masse $= M$ einer gewissen Substanz, habe die Temperatur t, und eine spezifische Wärme (69.) oder Capacität $= A$.

XII. Sie werde mit der Masse m einer andern Substanz, von eben der Temperatur, vermischt, und die spezifische Wärme der letztern sey $= a$. Nun entstehe in der Mischung die Temperatur τ. Die spezifische Wärme derselben sey $= \alpha$, so ist die Quantität der Wärme in der erstern Substanz vor der Mischung $= (n+t)\,M.\,A$; in der zweyten $= (n+t)\,m.\,a$. Die Quantität der Wärme in der Mischung (deren Masse $= M+m$) ist $= (n+\tau)\,(M+m)\,\alpha$.

XIII.

XIII. Soll sich nun die in der Mischung entstandene Temperatur τ, blos durch die in ihr entstandene neue Capacität α erklären lassen, mithin durch die Würkung beyder Substanzen auf einander, weder freyer Wärmestoff, der zuvor in ihnen enthalten war, gebunden werden, noch auch durch Entbindung eine neue Quantität freyen Wärmestoffs entstehen, so muß die Quantität der freyen Wärme in der Mischung, den Quantitäten der Wärme der zusammengebrachten Substanzen vor ihrer Vermischung, gleich seyn, demnach hat man $(n+\tau)(M+m)\alpha = (n+t)(MA+ma)$ mithin

$$\alpha = \frac{MA+ma}{M+m} \cdot \frac{n+t}{n+\tau}.$$

oder so groß muß die spezifische Capacität der Mischung seyn, wenn sich die in ihr entstandene Temperatur τ nach der erwähnten Voraussetzung soll erklären lassen können.

XIV. Gesetzt demnach, man fände durch Beobachtung die spezifische Wärme der Mischung so groß, als sie nach dieser Rechnung seyn müßte, so würde daraus folgen, daß während der Mischung, weder freyer Wärmstoff gebunden, noch durch Entbindung neuer entstanden ist.

XV. Versuche von dieser Art, über sehr viele Körper, haben gelehrt, daß die empfindbare Wärme oder Kälte, bey Mischungen, sich solchergestalt, ohne Entbindung oder Bindung von Wärmestoff erklären läßt, und Hr. Crawford schließt daraus, daß es der Einfachheit der Natur angemessen sey, dergleichen Erscheinungen überhaupt, nur allein den geänderten Capacitäten beyzumessen.

XVI. Ich werde hier ein Beyspiel geben, um die Formel (XIII) zu erläutern. Ich wähle dasjenige welches Crawford Seite 361 aus den Versuchen des Herrn Gadolin beybringt.

XVII. Vier Theile (dem Gewicht nach) concentrirtes Vitriolöl, wurden mit einem Theile Wassers vermischt. Die gemeinschaftliche Temperatur betrug vor der Mischung 12° (Celsiuß), nach der Mischung aber 119°,5. Die spezifische Wärme des Vitriolöhls war = 0,339, die des Wassers = 1, die spezifische Wärme der Mischung fand sich nach den Versuchen darüber = 0,442.

XVIII. Hier wäre also, wenn M, A sich auf die concentrirte Vitriolsäure, m, a auf das Wasser beziehen, $M = 4$; $m = 1$; $A = 0{,}339$; $a = 1$; $\alpha = 0{,}442$. ferner $t = 12$; $\tau = 119{,}5$; $n = 800$ (57.XV.).

XIX.

XIX. Diese Werthe in (XIII.) substituirt, geben $\alpha = \frac{4 \cdot 0{,}339 + 1}{4 + 1} \cdot \frac{812}{919{,}5} = 0{,}416$ das beobachtetete α war aber $= 0{,}442$, also sieht man, daß die Beobachtung von der Rechnung nicht so viel abweicht, daß diese Abweichung nicht unvermeidlichen Fehlern in den beobachteten Capacitäten zugeschrieben werden könnte.

116. In andern Versuchen, treffen Rechnung und Beobachtung noch besser zusammen, in einigen weichen sie mehr von einander ab. Die Abweichungen sind aber bald bejaht bald verneint, und scheinen demnach blos von Fehlern der Beobachtung herzurühren.

117. Indessen wäre zu wünschen, daß Beobachter, welche Muße genug zu solchen Untersuchungen haben, dergleichen Versuche mit möglichster Genauigkeit wiederholen möchten, um einmal völlig mit Sicherheit die Frage beantworten zu können, ob die Aenderungen der Capacitäten, zur Erklärung der Phänomene, wobey Wärme oder Kälte entsteht, allein hinreichend sind, oder ob man auch noch überdem zu einer chemischen Vereinigung oder Abscheidung des Wärmestoffs seine Zuflucht nehmen müsse.

118. Zur Erläuterung will ich hier noch das gewöhnliche Beyspiel vom Schmelzen des Schnees oder Eises, auf eine von (109.) etwas unterschiedene Art betrachten.

I. Eine Masse $= M$ Wassers von der Temperatur t, werde mit einer Masse Eises $= m$ von der Temperatur 0, vermischt. Die Temperatur der Mischung, nachdem nämlich das Eis durch die Wärme des Wassers geschmolzen, sey τ; so ist, wenn die spez. Capacität des Eises $= \alpha$, und die des Wassers $= a$ gesetzt wird, die Quantität der Wärme in dem Eise $= m \alpha n$. In dem Wasser dessen Temperatur $= t$, ist sie $= M a (n + t)$, und in der gemischten Masse $= (M + m) a (n + \tau)$.

II. Geht demnach bey dieser Mischung oder Schmelzung des Eises keine freye Wärme durch chemische Bindung verlohren, so muß

$$(M + m) a (n + \tau) = M a (n + t) + m \alpha n$$

seyn.

III. Ex. Nach Hrn. Wilkens Versuchen über das Schmelzen des Schnees *a*) wurde gefunden, daß wenn eine Masse Schnee $= 1$, von 0° nach Celsius, mit einer eben

a) Abh. der schwed. Ak. der Wiss. 1772.

eben so grossen Masse Wassers von 72° vermischt wird, der Schnee dadurch völlig schmelzt, ohne in seiner Temperatur o zuzunehmen. Demnach hätte man erstlich $M = m = 1$; $t = 72°$; $\tau = 0$. Wäre nun, wie man gewöhnlich annimmt, $a = 1$; $\alpha = 0{,}9$; so würde, wenn man aus Gadolins Versuchen $n = 800$ annimmt:

$$(M + m)\, a\, (n + \tau) = 2.800 = 1600$$
$$Ma\,(n + t) + m\alpha n = 872 + 0{,}9.800 = 1592$$

also auch beynahe $= 1600$, mithin hätte die Bedingung (II.) ihre Richtigkeit.

119. In dem Beyspiele (115. XVII) wurde die Aenderung der Capacitäten der zusammengebrachten Substanzen, durch ihre chemische Würkung auf einander, hervorgebracht. In dem Beyspiele (118. III) ist es aber der Wärmestoff selbst, welcher, indem er aus dem heissen Wasser sich dem Eise mittheilt, in demselben diejenige Aenderung der Capacität bewürkte, daß die vorher in dem heissen Wasser enthaltene Wärme, für das Thermometer nun gleichsam verschwunden zu seyn scheint, nachdem sich das Eis in Wasser verwandelt hat, und dennoch ist in der geschmolzenen Masse, die ganze Quantität der freyen Wärme zu finden, welche in den

Substanzen ehe sie gemischt wurden, zusammen enthalten war.

120. Man drückt sich demnach sehr unrichtig aus, wenn man die empfindbare Wärme, welche bey Mischungen der Körper zum Vorschein kommt, oder Wärme die beym Schmelzen des Eises, und in ähnlichen Fällen, für die Empfindung und das Thermometer verlohren zu gehen scheint, einer chemischen Entbindung oder Bindung, des Wärmestoffs zuschreiben will.

121. Sollte man daher nicht der Analogie nach muthmaaßen können, daß auch die bey Erzeugung der sogenannten permanent elastischen Flüssigkeiten, für Empfindung und Thermometer verlohren gehende Wärme, oder auch die entstehende, bey Zersetzung solcher Flüssigkeiten, im Grunde nur von einer Aenderung der Capacitäten herrühre?

122. Zur völligen Gewißheit würde diese Muthmaßung erwachsen, wenn eine Rechnung wie die in (118.) für das Schmelzen des Eises, auch bey einem Stoffe, wenn er durch Hülfe des Wärmestoffs luftförmig wird, oder umgekehrt, wenn ein luftförmiger Stoff sich durch den Beytritt eines andern zersetzte, zutreffen sollte.

123.

123. Allein eine Prüfung dieser Art, durch Rechnung, würde immer sehr grossen Schwierigkeiten ausgesetzt seyn, denn

Erstlich sind die Capacitäten der Luftarten, noch nicht mit der Zuverläßigkeit bestimmt, daß sich solche, als sichere Data, bey der Rechnung zum Grunde legen liessen.

Zweytens hält es sehr schwer, die zur Erzeugung eines Luftstoffs nöthige Quantität der Wärme, mit einer solchen Gewißheit zu bestimmen, als man diejenige kennt, welche zum Schmelzen des Eisens erforderlich ist.

Drittens würde bey der Rechnung nothwendig auch die Capacität desjenigen Stoffs, wel-cher durch den Beytritt der Wärme luftförmig wird, bekannt seyn müssen, so wie in (118.III) die Capacität des Eises, ehe es schmelzt, bekannt war. Allein wer kennt die Grundstoffe der Luftarten, im concreten Zustande. Gewöhnlich entstehen die luftförmigen Flüßigkeiten, durch die chemische Würkung mehrerer Stoffe auf einander, wobey denn derjenige, welcher luftförmig wird, ein unbekanntes Etwas bleibt, welches sich einzeln den Sinnen nicht darstellen läßt. Man darf nur die verschiedenen Meynungen, über die Grundstoffe der dephlogistisirten und brennbaren Luft,

 er-

erwägen, um sich von der Ungewißheit unserer Kenntniß davon, zu überzeugen. Wer hat es erwiesen, daß die Basis der dephlogistisirten Luft, das allgemeine Princip aller Säuren sey, und gesetzt, sie wäre es, was ist dieses Princip, ohne Verbindung mit andern Stoffen, im isolirten Zustande? Wer kann es ganz unzweydeutig darthun, daß die dephlogistisirte Luft, nur allein, luftförmige Salpetersäure, oder luftförmiges Wasser sey u. dgl. Wer kann beweisen, daß brennbare Luft nur luftförmiges Phlogiston sey, da das Phlogiston selbst noch gar nicht einmal erwiesen ist, oder wenn die brennbare Luft ein Bestandtheil des Wassers wäre, was würde er einzeln seyn? u. s. w.

Viertens würde es auch schwer halten, genau die Temperatur zu bestimmen, welche ein paar Luftarten, gesetzt daß auch ihre Capacitäten bekannt wären, in dem Augenblicke ihrer Zersetzung, hervorbringen.

124. Crawford hat zwar Seite 199 u. f. einen Versuch dieser Art angestellt, und bey der Voraussetzung, daß brennbare und dephlogistisirte Luft beym Entzünden sich in Wasser verwandeln, durch eine sehr weitläuftige Rechnung gefunden, daß der nie-

niedrigste Wärmegrad aus diesem Versuche gezogen, auf den 1500 Grad unter Fahrenheits 0 angenommen werden könnte. Dies würde den 811ten Grad unter Celsius Null ausmachen, welches so wenig von der gewöhnlichen Voraussetzung, nämlich von 800 Celsiussischen Graden abweicht, daß die Abweichung bey so feinen Untersuchungen völlig für Nichts gelten kann.

125. Nun ist aber dieser Werth 800 aus Gadolins Versuchen über die Temperaturänderung bey Mischungen tropfbarer Flüssigkeiten, und anderer concreten Substanzen b), unter der Voraussetzung, daß weder freye Wärme gebunden, noch chemisch gebundene, frey werde, hergeleitet worden.

126. Da nun beynahe derselbe Werth herauskömmt, wenn obgenannte luftförmige Substanzen (124.) sich decomponiren, so wäre es demnach bey diesen eben so gewiß, daß die bey ihrer Zersetzung entstehende empfindbare Wärme, nur allein, der Aenderung ihrer Capacitäten, und also keiner Entbindung chemisch mit ihnen vereinigt gewesenen Wärmestoffs, zugeschrieben werden kann.

127.

b) Abh. der schwed. Ac. der Wiss. 1784. Auch Crells Annalen 1786. I. B. S. 263.

127. Allein ich muß gestehen, daß die gar zu grosse Uebereinstimmung, des aus Cr. Versuchen mit obigen Luftarten gezogenen niedrigsten Wärmegrades, mit dem aus Gadolins Versuchen (125.) hergeleiteten, fast ein Mistrauen gegen die bey Crawfords Rechnung zum Grunde liegenden Data erregen würde, wenn Crawford nicht ein Mann wäre, bey dem der Verdacht, daß er zum Vortheile eines gewissen, aus Versuchen zu ziehenden Satzes, einige dabey zum Grunde liegenden Data absichtlich so bestimmt haben könnte, daß sie dem Satze entsprechen müssen, nicht von selbst, durch das Zutrauen, was man doch zu andern Versuchen desselben, zu haben, Ursache hat, gehoben würde.

128. Crawford braucht nämlich zur Berechnung seines angestellten Versuches, erstlich die Capacitäten der dabey angewandten Luftarten, dann die spezifischen Schweren derselben, und die nach ihrer Decomposition entstandene empfindbare Wärme.

129. Alle diese Bestimmungen sind mit so vielen Schwierigkeiten verknüpft, daß ich es blos für einen Zufall halte, daß die unvermeidlichen Fehler, die dabey begangen werden können, dennoch keine grössere Abwei-

weichung des daraus berechneten niedrigsten Wärmegrades, von dem sonst bekannten Werthe desselben, verursacht haben. Ich bin überzeugt, daß, wenn man nach der mathematischen Theorie von den Folgen der Fehler, den Grad der Wahrscheinlichkeit in jener Bestimmung des niedrigsten Wärmegrades berechnen wollte, (eine Sache, die weiter keinen grossen Schwierigkeiten unterworfen ist, wenn man alle Umstände des von Crawford angestellten Versuches, z. E. auch in Ansehung der Capacitäten der bey dem Versuche gebrauchten Gefässe, und dergl. in Betrachtung ziehen will), man die Behauptung nicht ungegründet finden wird, daß, wenn Crawford den Versuch bey etwas geänderten Umständen, z. E. in Ansehung der Quantitäten der zu den Versuchen gebrauchten Luftarten, oder auch nur denselben Versuch noch einmal anstellen, und (wie sich von ihm erwarten läßt) die zur Rechnung erforderlichen Grössen völlig so beybehalten wollte, wie sie sich ihm durch Beobachtung ergeben haben, das Resultat für den niedrigsten Wärmegrad ganz anders ausgefallen seyn würde.

130. Indessen würde dadurch dennoch der Satz nicht widerlegt seyn, daß die bey Zersetzung der Luftarten entstehende empfindbare

Wär-

Wärme, nicht demohngeachtet von einer Aenderung der Capacitäten der zusammengebrachten Stoffe herrühren könne. Es würde nur daraus folgen, daß aus solchen Versuchen mit Luftarten, nur dann erst etwas sicheres zur Entscheidung der Frage festgesetzt werden kann, wenn man sich für überzeugt halten darf, daß die dazu erforderlichen Data durch hinlänglich wiederholte Versuche scharf und sicher genug bestimmt worden sind.

131. Einer der gewöhnlichsten Gründe, warum man behauptet, der Wärmestoff existire in den luftförmigen Flüssigkeiten, chemisch gebunden, ist der, daß man keine luftförmige Flüssigkeit blos durch Verminderung der äusseren Temperatur sich zersetzen, und den in ihr enthaltenen Wärmestoff, wie bey den wäßrigten Dämpfen, in Würksamkeit kommen sieht.

132. Allein hiemit ist nur so viel gesagt, daß keine uns bekannte Verminderung der Temperatur, eine luftförmige Flüssigkeit, in den tropfbaren oder festen Zustand zu verwandeln, hinlänglich sey. Die Unmöglichkeit, daß dieß gar nicht geschehen könne, ist dadurch keineswegs erwiesen, weil wir auch bey den höchsten, uns bekannten Graden der Kälte, dennoch von dem Punkte der gänzlichen

chen Beraubung aller Wärme, immer sehr weit entfernt sind.

133. So wie nämlich diejenige Wärme, welche aus dem Quecksilber oder Wasser entweicht, wenn diese Körper blos durch Verminderung der äussern Temperatur in den festen Zustand übergehen, nur allein in freyer (nicht erst entbundener) Wärme besteht, die zuvor in diesen Substanzen schon enthalten war (100. u. f.), das Quecksilber aber eine viel grössere Verminderung der äussern Temperatur erfordert, um fest zu werden, als das Wasser, so wird auf eine ähnliche Art, eine noch grössere Herabspannung derselben erfordert, wenn die in einem Luftstoffe enthaltene freye Wärme, zumal diejenige, welche die Theilchen des luftförmigen Stoffs zunächst umgiebt, ihrer daselbst statt findenden spezifischen Dehnkraft gemäß, in solcher Menge soll entweichen können, daß die Bestandtheile des Luftstoffs durch nichts mehr gehindert werden, ihren eigenen Ziehkräften zu folgen, und sich, wie die eines Dampfes, zu vereinigen.

134. Je schwächer nämlich die spezifische Dehnkraft des Wärmestoffs, zunächst um die Theilchen einer luftförmigen Flüssigkeit, ist, desto

desto mehr ist er um dieselben herum angehäuft, um dem übrigen, zwischen ihnen enthaltenen, zwar lockerern, aber spezifisch elastischern Wärmestoffe (37), das Gleichgewicht zu halten, desto mehr muß also auch die umgebende Temperatur vermindert werden, wenn jenes angehäufte freye Wärmefluidum soll fähig seyn, sich auszubreiten, und die Bestandtheile des Luftstofs zu verlassen, daß diese nun hinlänglich, sich den Wirkungskreisen ihrer eigenen Ziehkräfte nähern können.

135. Ueberhaupt, je grösser die Ziehkraft der Theilchen eines Luftstoffs gegen die Wärmematerie, und desto geringer ihre eigene unter sich selbst ist, eine desto niedrigere Temperatur kann dieser Luftstoff vertragen, ohne zersetzt zu werden.

136. Solchergestalt unterscheidet sich eine luftförmige Flüssigkeit von dem Wasserdampfe in Nichts, als daß das Verhalten ihrer Bestandtheile gegen den Wärmestoff, eine grössere Verminderung der umgebenden Temperatur erfordert, um zu einer concreten Masse verdichtet zu werden, die Theilchen eines Dampfes hingegen sich schon zu vereinigen anfangen, so bald sie in eine Temperatur gelangen, welche weniger als 212 Fahrenh. Grade beträgt.

Wäre es aber möglich, sagt Lavoisier, unserer Erde mit einemmale einen höhern Standpunkt zu geben, z. E. in der Region des Mercurs, wo die beständige Temperatur dem Siedepunkte gleich wäre, oder darüber, so würde auch der Wasserdampf so gut eine permanent elastische Flüssigkeit seyn, als es jetzt für uns, die atmosphärische und andere Luftarten sind, und umgekehrt, würden diese das Schicksal der Wasserdämpfe erfahren, und ihren elastischen Zustand verliehren, wenn es möglich wäre, unserer Erde einen Standpunkt anzuweisen, wo die dazu erforderliche Kälte statt fände.

137. Es ist demnach die Permaneität elastischer Flüssigkeiten, nach der Analogie mit Wasserdämpfen, den Dämpfen des Aethers, und anderen, welche sich schon bey der gewöhnlichen Temperatur unserer Luft zersetzen, eine sehr unbestimmte Idee, welche in den Lehrbüchern der Naturlehre künftig nicht mehr beybehalten werden sollte.

138. Eben so wenig ist es nun nach der bisherigen Vorstellungsart auch nöthig, noch zu einem andern elastischen Principio, als zu dem Wärmestoffe, seine Zuflucht zu nehmen, um die fälschlich sogenannte Permaneität der luftförmigen Flüssigkeiten zu erklären.

139. Hr. v. Fontana (von dem Unterschiede zwischen den festen und flüssigen Körpern. Leipz. Samml. zur Phys. und Naturgeschichte 3r B. S. 722) glaubt, daß, weil die Dämpfe sich in der Kälte wieder verdichteten, die luftförmigen Flüssigkeiten aber ihren elastischen Zustand behielten, letztere ihre elastische Form, dem Wärmestoffe allein, nicht zu verdanken haben könnten, sondern noch ein anderes Principium enthalten müßten, welches, wenn auch der Wärmestoff entweiche, dennoch vermögend wäre, ihren elastischen Zustand zu erhalten. Er glaubt, man könne ohne Mühe erweisen, daß dieses Principium kein anderes sey, als das Phlogiston, dessen wirkliche Existenz (?) in den mannichfaltigsten Beyspielen, von Zersetzungen und Zusammensetzungen der Körper am Tage liege.

Einige andere Fälle, bey denen durch eine muthmaaßliche Aenderung der Capacität, empfindbare Wärme hervorgebracht wird.

140. Aus der Formel (69.)

$$\frac{Q}{M.A} = n + t$$

erhel-

erhellet allgemein, daß so lange ein Körper, den ich P nennen will, einerley Quantität Q freyer Wärme behält, also weder durch chemische Bindung oder Entbindung, eine Aenderung derselben erfährt, noch sonst mit Körpern in Verbindung steht, die ihm freye Wärme entziehen oder mittheilen, er nothwendig eine Aenderung seiner Temperatur erfahren müsse, sobald durch irgend eine Ursache, seine Capacität oder spezifische Wärme, geändert wird, weil bey einerley Q, die Temperatur $n+t$, allemal in dem umgekehrten Verhältnisse von A steht, also wachsen muß, wenn A abnimmt, und abnehmen, wenn A wächst.

141. Woraus denn weiter folgt, daß wenn der Körper P anfänglich mit einem andern L im Gleichgewicht der Wärme gestanden hätte, dies Gleichgewicht nicht mehr nach Aenderung seiner Capacität statt finden könne, sondern daß entweder aus P in L, oder aus L in P eine gewisse Quantität freyer Wärme überströmen müsse, wenn wieder ein Gleichgewicht der Wärme, d. h. gleiche Temperatur in beyden Körpern entstehen soll.

142. Ist L in Vergleichung mit P sehr groß (wie wenn z. E. der Körper der seine Capacität änderte, seine entstandene fühlbare Wärme in die rings umgebende Atmosphäre

ausströmte), so wird nach geschehener Herstellung des Gleichgewichts der Wärme, die gemeinschaftliche Temperatur in P und L beynahe dieselbe, als zuvor, seyn.

143. Entsteht die empfindbare Wärme in P, durch Aenderung der Capacität, sehr schnell, (welches also auch eine schnelle Aenderung der Capacität selbst zum voraus setzt) und nimmt dabey das umgebende Mittel L die Wärme sehr langsam auf, oder auch P liesse sie sehr langsam fahren, so wird ein Thermometer in P, beynahe den wahren Grad der in P entstandenen empfindbaren Wärme anzeigen.

144. Strömte aber die Wärme aus P in L sehr schnell über, so, daß bereits die Quantität der Wärme in P, sich merklich geändert hätte, bis das Thermometer in P seinen gehörigen Stand erreichen konnte, so würde dies Thermometer nicht richtig diejenige in P entstandene empfindbare Wärme anzeigen, welche statt finden würde, wenn P nicht mit L umgeben wäre, folglich alle durch jene Aenderung der Capacität entstandene empfindbare Wärme beysammen behielte.

145. Aendert sich die Capacität in P sehr langsam, so kann in diesem Falle, bey der in vorhergehendem Artikel erwähnten Bedingung,

das

das Thermometer in P vielleicht gar nicht steigen, wenigstens nicht so merklich, daß es sich beobachten liesse. Dann schiene also nur der Körper P durch die Aenderung seiner Capacität keine Aenderung Temperatur erlitten zu haben.

146. Aus dem bisherigen erhellt, was für Bedingungen nöthig sind, wenn ein Thermometer, die, in einem Körper durch Vermehrung oder Verminderung seiner Capacität, entstandene empfindbare Wärme oder Kälte, soll anzeigen können.

147. Die Aenderung der Capacität eines Körpers, hängt nun eigentlich von den in (70.) erwähnten Umständen ab.

148. Was, mit einem Worte, die spezifische Elasticität (34.) des Wärmestoffs, und die Beschaffenheit der Wärmeräumchen (18.) in einem Körper, zu ändern vermag, wird auf die Capacität des Körpers Einfluß haben können, weil die Capacität oder die spezifische Wärme durch die Formel $A = \frac{C}{E}$ bestimmt wird, wo C die Summe der für den freyen Wärmestoff empfänglichen Zwischenräumchen eines Körpers, und E die mittlere (41.) spezifische, durch die Anziehungskraft des Körpers modificirte Dehnkraft, des in ihnen enthaltenen Wärmestoffs bedeutet.

149. Aendert sich C in gleichem Verhältnisse mit E, so würde dieß keine Aenderung der spezifischen Wärme verursachen. Also nur, wenn C sich nicht mit E im gleichen Verhältnisse ändert, wird A wachsen oder abnehmen, mithin unter den in (140 ꝛc.) erwähnten Bedingungen eine Temperaturänderung des Körpers, vermittelst eines Thermometers, bemerkt werden können.

150. Daß mechanische Mittel im Stande sind, eine Aenderung der Capacität eines Körpers zu bewürken, liesse sich a priori muthmaassen, in so ferne dergleichen Mittel, einige Aenderung in dem Aggregatzustande eines Körpers, hervorbringen können. In der That ist (89.) bereits ein Beyspiel davon.

151. Etwas ähnliches zeigt sich beym Zusammendrücken der Luft, beym Hämmern der Metalle, beym Reiben der Körper und dergl. Hier werden durch das Hämmern die Theile eines Körpers näher zusammen gebracht, und die Wärmeräumchen, also der Werth von C in der Formel $A = \frac{C}{E}$, vermindert; hierdurch wird nun freylich zugleich auch E geändert (43.), wenn dieß aber nicht im gleichen Verhältnisse mit C geschieht, wie wohl nicht

zu

zu erwarten ist, so wird, im Ganzen genommen, A abnehmen, mithin des Körpers Temperatur erhöhet werden (140).

152. Eben so ist bekannt, daß wenn Luft in der Kugel einer Windbüchse verdichtet wird, diese Kugel allmählig beträchtlich warm wird, wenn man auch gleich nasse Tücher um die Compressionspumpe schlägt, um die Erhitzung derselben, durch das Reiben des Stempels, abzuhalten. Schon Börhaave Elem. Chem. p. II. pag. 480 behauptete, daß zusammengepreßte Luft heiß werde, und die Wärme, wie ein Schwamm das Wasser, von sich gebe. So bemerkten auch Hr. Fox und Strutt zu Derby (M. s. Erasmus Darwins Versuch über die Erzeugung der Kälte ꝛc. Phil. Transf. 1788. und Hrn. Prof. Greens Jour. der Phys. I. B. 1790. S. 74) bey der Verdichtung der Luft in einem Recipienten, an den beyden Enden der Compressionsröhre, einen sehr grossen Unterschied der Temperatur. Das Stück der Windkugel, welches zunächst mit der Compressionsröhre in Verbindung stand, war kaum anzufassen, und die Kugel selbst, heisser, als man von ihrer Berührung mit der Röhre erwarten konnte. Könnte man die Luft sehr schnell verdichten, so würde die Erhöhung der Temperatur ohnstreitig noch ansehnlicher seyn.

153. Wenn man annimmt, daß während der Verdichtung der Luft, keine entstandene fühlbare Wärme in die umgebenden Körper strömt, so läßt sich die Hitze, welche zuletzt die Kugel der Windbüchse, oder die Luft in ihr, erhalten würde, auf folgende Art berechnen.

I. Es sey die Temperatur der in der Kugel der Windbüchse enthaltenen Luft = t, oder von dem niedrigsten Grad der Wärme angerechnet = n + t.

II. Die Quantität der Wärme, sowohl in derjenigen Luft, welche den Raum der Kugel, als auch den Raum der Compressionspumpe, zwischen dem Stempel (den ich mir jetzt herausgezogen vorstelle) und der Kugel, einnimmt, sey = Q. Die in beyden Räumen zusammen enthaltene Luftmasse = M; die spezifische Wärme derselben, = A so ist

$$\frac{Q}{M.A} = n + t.$$

III. Nun werde der Stempel vorwärts getrieben, um die Luftmasse M zusammen zu drücken. Hierdurch vermindert sich nun die spezifische Wärme A wie in (151).

IV. Quantität der Wärme und der Luft, bleiben indessen ungeändert, weil ich annehme, daß, während dieser Operation, keine freye Wärme in die umgebenden Körper ströme, und alles vollkommen luftdicht sey.

V. Nachdem nun der Stempel bis an die Kugel vorwärts getrieben, sey die Capacität oder die spezifische Wärme der zusammengedrückten Luft $= A - \alpha$ geworden. Die Temperatur der Luft in der Kugel sey nunmehr $n + T$, so hat man

$$\frac{Q}{M(A - \alpha)} = n + T.$$

VI. Demnach (II.)

$$n + T : n + t = A : A - \alpha$$

oder

$$n + T = \frac{(n + t)\, A}{A - \alpha}$$

d. h. die Temperatur der Luft in der Kugel ist nach Ende dieser ersten Operation, in dem Verhältnisse der verminderten Capacität grösser geworden.

VII. Ist nun solchergestalt, am Ende der ersten Operation, die Capacität der Luft in der Kugel $= A - \alpha$; und die Temperatur $= n + T$, so wird auf eine ähnliche Art, am

Ende der zweyten Operation, bey der die Capacität $A - \alpha$ nun wieder um β abgenommen hat, die Temperatur der Luft in der Kugel

$$= \frac{(n+T)(A-\alpha)}{A-\alpha-\beta}$$

gefunden werden, d. h. wenn man statt n + T den Werth (V.) substituirt, die Temperatur der Luft wird nunmehr seyn

$$= \frac{(n+t)\,A}{A-\alpha-\beta}.$$

VIII. Woraus denn überhaupt weiter folgt, daß wenn am Ende einer beliebigen Anzahl von Operationen, die Capacität der Luft in der Kugel $= A - \alpha - \beta - \gamma$ etc. $= A - a$ geworden ist, die anfängliche Temperatur der Luft (nämlich n + t) sich in $\frac{A}{A-a}$ (n + t) wird verwandelt haben, oder so groß wird die Temperatur der verdichteten Luft geworden seyn, welche demnach blos von dem Verhältnisse ihrer anfänglichen Capacität, zu der, nachdem die Luft verdichtet worden ist, abhängen wird.

154. Eben so können umgekehrt, Körper, wenn sie sich mechanisch sehr schnell ausdehnen, eine ansehnliche Vermehrung ihrer Capacität,

und folglich eine Verminderung der Temperatur, erfahren.

155. Ein merkwürdiges Beyspiel dieser Art, giebt uns eine Luftmaschiene in dem Schemnitzer Bergwerke in Ungarn, welche einen Heronsbrunnen im Grossen vorstellt, der zur Hebung der Grubenwasser dient. In dieser Maschiene wird die Luft durch eine Wassersäule von 260 Schuhen zusammengedrückt. Läßt man nun diese Luft, nach Oefnung eines Hahns, plötzlich herausfahren, wodurch sie auf einmal sehr schnell ausgedehnt wird, so ist die dadurch in ihr entstehende Kälte so ansehnlich, daß die wässerichten Dünste, die mit ihr zugleich herausfahren, an der Mündung des Hahns gefrieren, und sie mit einer Eiskruste überziehen, wenn gleich die Temperatur des in dem Heronsballe befindlichen Wassers an 10 Grade über den Gefrierpunkt beträgt. Phil. Transf. 1761. Vol. VII.

156. Eben so wurde in Gesellschaft des Hrn. Hutton aus Edinburg, und Hrn. Edgeworth folgendes Experiment mit Sorgfalt angestellt. Der Luftstrom einer Windbüchse wurde zu verschiedenenmalen an die Kugel eines Thermometers gelassen, und dieses sank jedesmal ohngefähr 2 Grad. Das Thermometer war an einer Mauer befestigt, und die

Wind-

Windbüchse blieb, nach dem Laden, eine Stunde in der Nachbarschaft derselben, um die Wärme, die sie beym Laden erhalten hatte, fahren zu lassen. Die Luft wurde nun in einem fortwährenden Strome an die Kugel des Thermometers gebracht, und der Erfolg zeigte, daß die Luft bey ihrer Ausdehnung, die Wärme aus dem Quecksilber des Thermometers anzog oder einschluckte. (Greens Journ. der Phys. I. B. 1790. S. 74.)

157. Ebendas. erzählt Hr. Darwine, daß in Beyseyn des Hrn. Walthire, ein Thermometer, unter dem Recipienten einer Luftpumpe, (nachdem es zuvor eine Zeitlang unter demselben gestanden, um genau die Temperatur des Recipienten anzunehmen) während die Luft schnell ausgeleeret wurde, um 2 oder 3 Grade herabsank, nach einigen Minuten aber wieder seine vorige Höhe erlangte. Im November 1787. wurde unter dem Beystande des Hrn. Forester French dieser Versuch wiederholt, doch mit dem Unterschiede, daß das Thermometer oben offen war, so, daß die Verminderung des äussern Drucks, auf die Ausdehnungen der Kugel, keinen Einfluß haben konnte; das Resultat war dasselbe, und das Quecksilber des Therm. sank, während die Luft ausgepumpt wurde. Sowohl bey dem

Aus-

Auspumpen, als bey dem Wiederhinzulassen der Luft unter dem Recipienten, ward regelmäsig ein Dampf bemerkt, der sich an den Seiten des Glases verdichtete, und in beyden Fällen in wenigen Minuten wieder absorbirt wurde. Dieser Dampf (sagt Hr. Darwine) müsse nothwendig dadurch niedergeschlagen worden seyn, daß er durch die Ausdehnung der Luft seiner Wärme beraubt wurde. Denn wenn es von einer andern Ursache hergerührt hätte, so hätte der Dampf nicht in beyden Fällen, nämlich sowohl beym Auspumpen, als Wiederzulassen der Luft, zugegen seyn können. Im ersten Falle nämlich, dehnte sich die Luft in dem Recipienten aus, im zweiten diejenige, welche von aussen in den Recipienten gelassen wurde. War diese letztere mit der im Recipienten von einerley Temperatur, und wurde nun hineingelassen, so mußte dadurch, daß ihre Capacität bey ihrer Ausdehnung zunahm, die Temperatur unter der Glocke abnehmen und also ein Dunstniederschlag geschehen.

158. Eben so können Dämpfe in dem papinischen Topfe, eine weit grössere Hitze, als die des kochenden Wassers, annehmen, so bald man aber den Hahn an dem Topfe öffnet, daß sich die Dämpfe ausbreiten können, vermindert sich ihre Temperatur, so daß sie nur die Hitze des siedenden Wassers behalten.

159.

159. Eigentlich hat schon Cullen (Essay de la Societé d'Edimbourg Tom. II. p. 153) den Versuch (157.) unter der Luftpumpe angestellt, und ebenfalls gefunden, daß das Thermometer beym schnellen Auspumpen der Luft um 2 bis 3 Farrenheitische Grade fiel.

Wenn die Glocke nicht sehr groß ist, so ist der Erfolg desto sicherer und merklicher, denn es kommt darauf an, daß die Luft durch die Verdünnung eine hinlänglich schnelle Vermehrung ihrer Capacität erfahre, damit die dadurch bewürkte Verminderung der Temperatur, nicht durch das Herbeyströmen der Wärme aus den umgebenden Körpern, eben so bald wieder ersetzt werde (146.) Wenn man daher, durch Oeffnung des Hahns, die Luft aus dem Recipienten nur langsam in den Stiefel treten läßt, so findet sich, daß das Thermometer sich wenig oder gar nicht ändert.

160. Nun bemerkte aber auch Cullen, daß, wenn das Thermometer im luftverdünnten Raume, wieder die Temperatur der äussern Luft angenommen hatte, und nun die Luft wieder in den Recipienten gelassen wurde, das Thermometer allemal alsdann 2 — 3 Grade über die Wärme der äussern Luft stieg. Das Gegentheil also von dem, was Darwine (157) aus dem Niederschlage des Dampfes folgerte.

161. Bey einem Versuche dieser Art, den Hr. Lambert im Jahr 1761. bey dem damaligen Professor Arnold zu Erlangen sah, und im 492 §. seiner Pyrometrie beschreibt, betrug die Zeit, die das Thermometer unter der Luftpumpe, zum Fallen brauchte, nicht mehr, als ungefähr 3 Secunden. Wenn Luft wieder zugelassen ward, stieg es ungefähr eben so viel über seine erste Höhe, als es beym Auspumpen unter dieselbe gefallen war. Aber auch dieses Steigen dauerte nicht lange, und das Thermometer unter der Glocke kam bald wieder auf die Temperatur der äussern Luft.

162. Hr. Lambert stellt über diesen Versuch verschiedene Betrachtungen an, und erklärt sich insbesondere über das Fallen des Thermometers, auf eine Art, welche, wie auch Hr. v. Saussure (Hygrometrie §. 233 f.) bemerkt, den Grundsätzen einer gesunden Physik sehr angemessen sey

163. Hr. Lambert nimmt nämlich an, daß man beym Ausziehen der Luft aus dem Recipienten, zugleich auch die Feuertheilchen wit herausziehe, und daß folglich die Dichtigkeit des Feuers im Recipienten abnehme, nach eben dem Verhältnisse, als die Luft vermindert werde. Dabey zeigt er, daß, wenn das Thermome-

mometer nicht so viel fällt, als es nach diesem Grundsatze fallen sollte, dies daher rühre, daß die Wände des Recipienten, nebst dem Teller der Pumpe, ebenfalls Feuertheilchen enthielten, welche den Abgang jener ersetzten, zumal wenn das Auspumpen der Luft langsam geschehe, in welchem Falle, das Thermometer wohl gar keine Veränderung zeigen könnte.

164. Man sieht leicht, daß diese Vorstellungsart in der Hauptsache so viel sagen will, verdünnte Luft habe mehr Capacität für die Wärme, als dichtere, oder das Gleichgewicht der Wärme werde gestört, so bald durch das Auspumpen, Menge und Druck der Luft vermindert wird, die Lufttheilchen also grössere Räumchen zwischen sich lassen, um Wärme aufzunehmen; deswegen ströme also die, in dem Thermometer und den benachbarten Stoffen enthaltene Wärme, sehr häufig in diese verdünnte Luft, gleichsam wie in einen feuerleeren Schlund, und das Thermometer werde dadurch abgekühlt.

165. Daß dieses Fallen nicht etwa von der Verdünstung der Feuchtigkeiten unter der Glocke herrühre, hat Saussure (Hygrometrie §. 233.) zu erweisen gesucht. Er trocknete die Luft unter der Glocke, durch Salze

aufs

aufs äusserste, so daß nach Verlauf von 6 Tagen, das Hygrometer unter der Glocke, zum höchsten Grade der Trockenheit gekommen war. Hierauf öffnete Hr. v. S. den Hahn, und und pumpte die Luft sehr schnell aus. Das Thermometer fiel von 8°, auf 6,9° (Reaum) wobey das Hygrometer nicht die geringste Aenderung zeigte. Dieser Versuch wurde hierauf, unter demselben Recipienten, mit eben dem Hygrometer und Thermometer, aber ohne die Luft auszutrocknen, gemacht. Eben dies Hygrometer, welches in trockner Luft ohne Veränderung geblieben, bewegte sich nun in der feuchten Luft, während des Auspumpens, um 24 Grade näher zum Punkte der Trockenheit hin, und gleichwohl ward das Thermometer nicht mehr, als zuvor, in trockner Luft verändert, es fiel nämlich von 9,55 auf 8,4; also beynahe so viel als vorhin. Hieraus folgt, daß feuchte und trockene Luft unter der Glocke, während des Auspumpens, keinen erheblichen Einfluß auf das Thermometer hatten, und daß die Ursache, warum es fiel, nicht den Dünsten, sondern, der von Hrn. Lambert angegebenen Ursache, beyzumessen sey.

166. Ich finde indessen nicht, daß sich Hr. Lambert über die Ursache erklärt hat, warum das Thermometer, nachdem es in der

verdünnten Luft, wieder auf dieselbe Temperatur mit der äussern gekommen war, nunmehr stieg, wenn wieder Luft untter die Glocke gelassen wurde, da man doch nach (157.) erwarten sollte, daß vielmehr Kälte hervorgebracht werden müßte.

167. Allein man muß überlegen, daß, indem die Capacität der von aussen in die Glocke gelassenen Luft, durch ihre Ausdehnung vermehrt, also ihre Temperatur vermindert wird, die Capacität der in der Glocke zurückgebliebenen dagegen durch die Verdichtung, die sie erleidet, indem neue zu ihr hinzuströmt, wiederum vermindert, und folglich ihre Temperatur erhöht wird. Es würde indessen Schwürigkeiten haben, durch Rechnung zu bestimmen, in wie fern jene Verminderung und Vermehrung der Capacitäten, sich zum Theil aufheben, und zusammen die (166) gedachte Temperaturerhöhung bewürken. Ueberhaupt ist es nicht leicht, die Formel $\frac{Q}{M.A} = n + t$ auf gegenwärtigen Fall anzuwenden, so lange man nicht die Verhältnisse jener Capacitätsänderungen weiß.

168. Wenn indessen, nach der Bemerkung Hrn. Darwine's, (157) sowohl beym Auszie-

ziehen, als Wiederhinzulassen der Luft, sich in dem Recipienten Dämpfe zeigen, so geht es eigentlich damit so zu:

169. So bald die Luft verdünnt wird, bekommt sie mehr Capacität für die Wärme, und das Gleichgewicht der Wärme mit den umgebenden Körpern ist gestört. Es muß also von allen Seiten her, Wärmestoff, zur Wiederherstellung des Gleichgewichts, herbey strömen. Steht nun die Glocke auf einem Teller mit feuchtem Leder, so wird auch von diesem aus, Wärme in den luftverdünnten Raum strömen, und eine Menge von Wassertheilchen zugleich mit sich fortreissen, welche sich von dem feuchten Leder ganz deutlich, in Gestalt einer Dunstwolke, erheben, und den Raum der Glocke erfüllen. Aber diese, mit der Wärme fortgerissenen Wassertheilchen, können sich in dem luftverdünnten Raume nicht erhalten, wenn die Wärme, mit der sie aus dem feuchten Leder entwichen, sie verläßt, und sich in die wärmeleeren Räumchen ergießt, die in der verdünnten Luft entstanden sind; die Wassertheilchen können alsdann nicht mehr in den gehörigen Entfernungen gehalten werden, sondern müssen, ihren eigenen Ziehkräften zufolge, sich wieder nähern, und in Gestalt eines feinen Staubregens, aus der Luft niederfallen;

so hat man also das erste Aufsteigen der Wassertheilchen, und ihr folgendes Fallen, als zwo unterschiedene mit der Verdünnung der Luft genau verbundene Würkungen anzusehen.

170. Es läßt sich hieraus zugleich einsehen, warum im Augenblicke, da man die Luft auszupumpen anfängt, das Hygrometer sich näher zum Punkte der Trockenheit hinbewegt; denn die Feuchtigkeiten, die an der hygrometrischen Substanz haften, verlassen dieselbe ebenfalls, wie obige das Leder, und die Substanz muß also trockner werden. Das Hygrometer wird sich aber bald wieder zum vorigen Punkte der Feuchtheit hinbewegen, wenn die Dünste sich aus der verdünnten Luft wieder niederschlagen (169.), und an die Substanz desselben anhängen.

171. Die aus dem Leder und andern Feuchtigkeiten unter der Glocke aufsteigenden Dünste, bestehen größtentheils, nicht aus soliden Wassertheilchen, sondern aus kleinen Bläschen, die man, vermittelst eines mäsigen Vergrösserungsglases, zum Theil auch schon mit dem blosen Auge, sehr deutlich unterscheiden kann, zumal wenn man den Versuch in einem finstern Zimmer anstellt, und einen Sonnenstrahl auf die Glocke fallen läßt.

172. Ohnstreitig ist es Wärmestoff, der diese Bläschen erfüllt. Aber indem sich

der-

derselbe auszubreiten, und in die wärmeleeren Räume der verdünnten Luft zu ergiessen strebt, zerreißt er diese Bläschen, und sie fallen nun als concrete Dunsttheilchen in der Glocke nieder.

173. Begreiflich werden nicht alle wässerichten Dünste, welche auf die vorhin beschriebene Art, sich in dem luftverdünnten Raume erhoben haben, in demselben auch wieder niedergeschlagen. Ein Theil derselben bleibt mit der verdünnten Luft vermischt, und wird in ihr, durch ihre Anziehungskraft, wie die Theilchen eines aufgelößten Körpers, in dem Auflösungsmittel, erhalten. Daß sich die Menge, der in der verdünnten Luft zurückbleibenden Dünste, mit nach der Temperatur richten muß, ist aus (85.) offenbar. Ist die Luft sehr stark verdünnt worden, so ist es nur allein der Wärmestoff, welcher noch eine gewisse Quantität wässerichter Theile in dem luftleeren Raume zu erhalten vermag. Diese Quantität wird aber alsdann nur allein von der Temperatur, und der sich nach derselben richtenden kleinsten Entfernung der Dunsttheilchen, abhängen.

174. Läßt man nun aber sehr schnell Luft in diesen mit Dünsten erfüllten Raum, daß sie nicht in der Maaße, als die Luft ein-

einströmt, sich sogleich mit ihr vermischen können, so werden sie schon allein dadurch, daß sie dem Luftstrome schnell ausweichen wollen, von den Wänden der Glocke aber aufgehalten werden, eine Zusammendrückung erleiden. Die Theilchen derselben müssen sich also einander nähern, und in sichtbare Tröpfchen vereinigen, die von den Wänden der Glocke angezogen werden, und sie mit Dunst beschlagen. Aber auch der Druck der Atmosphäre, wird das seinige dazu beytragen, daß die Dunsttheilchen, das Minimum ihres Abstandes, unter welchem sie sich in luftleeren Raume erhalten konnten, überschreiten, und als sichtbare Dünste niedergeschlagen werden müssen, sobald man den Hahn der Glocke öffnet. Läßt man die Luft nur äusserst langsam hinzu, so wird man auch wenig oder gar nichts von einem solchen Niederschlage wahrnehmen. Denn nun können sich die Dunsttheilchen nach und nach mit der Luft vermischen, und den Druck der Atmosphäre ertragen (86).

175. Man sieht also, daß der nach Hinzulassen der Luft sich unter der Glocke zeigende Dunst, gar nicht der Erfolg einer daselbst hervorgebrachten Kälte ist, und daß sich demnach diese bekannte Erfahrung gar wohl mit der Beobachtung Cullens (160) (wenn sie anders nicht von Nebenumständen herrührt) vereinigen läßt.

Eini-

Einige Betrachtungen über die durch das Reiben der Körper hervorgebrachte Wärme.

176. Ich habe bereits in (151.) erwähnt, daß durch das Reiben der Körper an einander, eine Verminderung der Capacität, zunächst an den reibenden Flächen, und folglich eine Temperaturerhöhung entstehen kann. Durch den Druck beym Reiben, kommen nämlich Theilchen näher zusammen, und lassen eine gewisse Quantität des zwischen ihnen enthaltenen Wärmefluidums ausströmen, der auf das Gefühl und auf das Thermometer würken kann.

177. Man könnte aber auch glauben, daß vielleicht die zwischen den reibenden Flächen enthaltene Luft, eine Aenderung ihrer Capacität erführe, jene Erhitzung also gewissermaaßen von einer mechanischen Zersetzung der Luft zwischen den reibenden Flächen mit herrühre.

178. Zur Unterstützung dieser Meinung könnte man die Beobachtung anführen, daß Stahlstückchen, welche beym Feuerschlagen, von dem Stahle abspringen, sich im luftleeren Raume nicht eben so geschmolzen zeigen, wie in der freyen Luft.

179. Im luftleeren Raume findet man nämlich nur feine Streifchen Stahls, welche durch die Heftigkeit des Reibens abgerissen worden sind. In der freyen Luft hingegen geschmolzene Kügelchen, welche aber keinen Stahl mehr vorstellen, sondern verkalkt, oder in einen schwarzen Eisenmohr verwandelt worden sind.

180. Man sieht hieraus, daß die Materie des Stahls in der freyen Luft eine Aenderung erlitten haben muß, welche das Reiben allein nicht hervor gebracht haben kann, weil sonst im luftleeren Raume der Erfolg derselbe seyn müßte. Auch entstehen, wie bekannt, im Vacuo keine Funken, d. h. das Reiben allein, ist nicht im Stande, im luftleeren Raume ein Glühen der abgerissenen Stahltheilchen hervorzubringen

181. Man sieht hieraus, daß dies Phänomen nicht so einfach ist, als es dem ersten Blicke nach scheinen möchte, sondern daß dabey unterschiedene Umstände vorkommen, welche eine nähere Aufmerksamkeit verdienen.

182. Ich werde indessen erst etwas von den Versuchen anführen, welche Hr. Pictet a) über das Reiben der Körper, sowohl in freyer Luft, als im luftleeren Raume, angestellt hat.

183.

a) Versuch über das Feuer.

183. Er bedient sich hierzu unter der Glocke der Luftpumpe, einer Art Räder- oder Uhrwerks, das in einem Gehäuse eingeschlossen ist, welches 3 Zoll im Durchmesser, und etwas über zwey in der Höhe hat. Es wird durch eine Feder getrieben, die, wie gewöhnlich, in einer Trommel angebracht ist. An die Welle des letzten Getriebes, welches nach der Einrichtung des Räderwerks, sehr schnell umläuft, kann eine kugelförmige Schaale, aus dieser oder jener Materie, von etwa $3\frac{1}{2}$ Linie im Durchmesser, angesteckt werden, deren Vertiefung nach oben zu gekehrt ist, und sich mit der Welle zugleich umdreht.

Nun ist eine Vorrichtung angebracht, daß sich der äussere Umfang einer solchen Schaale, bey ihrer Umdrehung, hinlänglich stark an diesen oder jenen Materien reiben kann.

In dieser Schaale kann die Kugel eines sehr empfindlichen Thermometers angebracht werden, so, daß sie der innern Fläche der Schaale zwar sehr nahe ist, ohne jedoch von derselben unmittelbar berührt zu werden. Im luftleeren Raume wird dieser Apparat durch eine Vorrichtung in Bewegung gesetzt, die, wie gewöhnlich, durch eine Hülse von Leder durchgeht, und einen Schnapper losdrückt.

Sobald nun das Räderwerk in Bewegung ist, und sich die Schaale, an dieser oder jener Substanz reibt, so bemerkt man, bald eher bald später, ein Steigen des Thermometers, sowohl im luftvollen Raume, als im Vacuo, jedoch im letztern gewöhnlich ein etwas beträchtlicheres Steigen, als im erstern, so daß der luftleere Raum, der Bewegung der Wärme fast günstiger zu seyn scheint, als der luftvolle. Indessen ist die auf solche Art hervorgebrachte empfindbare Wärme nie sehr beträchtlich, weil die Kraft, die die Maschiene in Bewegung setzt, nicht hinreichen würde ein, zu dieser Absicht nöthiges sehr starkes Reiben, zu überwältigen.

Wenn sich eine hölzerne Schaale an Holz rieb, so stieg das Thermometer im luftvollen Raume, ohngefähr um $2\frac{1}{10}$ Grad, im luftleeren $2\frac{4}{10}$ Grad. Rieb sich eine messingene Schaale an Holz, so war die Würkung fast dreymal schwächer.

Wurde die Höhlung der Schaale mit etwas Baumwolle gefüttert, so daß sich diese unmittelbar an der Kugel des Thermometers selbst reiben konnte, so stieg das Thermometer, während des Umlaufs der Schaale, 5 bis 6 Grad, und nach Verhältniß der Stärke des Drucks wohl noch höher. Aber auch in diesem

Falle

Falle schien der luftleere Raum dem Steigen des Thermometers noch günstiger, als die freye Luft. Indessen gesteht der Hr. Verf., daß Versuche dieser Art, nicht so genau mit einander verglichen werden könnten, weil sich nie sicher bestimmen lasse, ob die Baumwolle in zwey auf einander folgenden Versuchen, sich immer gleich genau an die Thermometerkugel anschliesse. Indessen folge doch aus diesen Versuchen, daß, die erste Entstehung der Wärme beym Reiben der Körper, nicht von der Luft zwischen den reibenden Flächen, herrühren könne.

184. Man wird also den ersten Grund dieser empfindbaren Wärme, in den reibenden Substanzen selbst suchen müssen, und ohne Zweifel ist der in (176) angegebene, der Natur der Sache am angemessesten.

185. Nun frägt sich aber, warum beym Feuerschlagen in freyer Luft, die Stahlstückchen sich bis zum Schmelzen und Glühen erhitzen, da hingegen im luftleeren Raume dies nicht geschieht.

186. In diesem Falle muß man ohnstreitig auf die Formänderung Rücksicht nehmen, welche die in freyer Luft abgesprungene Stahlstückchen erfahren.

187. Sie werden in Eisenmohr d. h. in einen Eisenkalch verwandelt; und dieser hat bekanntlich ein grösseres absolutes Gewicht, als diese Metallstückchen im regulinischen Zustande haben würden, zum Beweise, daß sie den veränderten Zustand, einem neu hinzugekommenen Bestandtheile zu verdanken haben, den sie nirgends, als aus der Luft selbst, angezogen haben können, weil im luftleeren Raume diese Stückchen nicht verkalcht werden.

188. Man weiß, daß dieser Bestandtheil der Grundstoff oder die Basis der dephlogistisirten Luft (Hrn. Lavoisier's Oxygene) ist, welchen die Metalle, wenn sie hinlänglich erhitzt sind, an sich ziehen, und dadurch verkalcht werden, daß nun ferner die atmosphärische Luft immer mit so viel dephlogistisirter Luft vermischt ist, um unter den gehörigen Umständen den Metallen und andern Körpern, dies Oxygen mittheilen zu können.

189. Nun besteht aber die dephlogistisirte Luft selbst eigentlich aus diesem Oxygen, verbunden mit einer hinlänglichen Quantität Wärmestoffs, wodurch dasselbe den luftförmigen Zustand erhält.

190. Verbindet sich dies Oxygene, oder dieser Grundstoff der dephlogistisirten Luft, mit irgend einem Körper, so muß diese Luft selbst

eine

eine Aenderung ihrer Capacität, oder spezifischen Wärme, zunächst um den Körper, der ihr jenen Stoff entzieht, erfahren, oder vielmehr in dem Ausdrucke für die spezifische Wärme derselben, nämlich $A = \frac{C}{E}$ (148), wird die spezifische Elasticität E des mit dem Grundstoffe der Luft verbundenen gewesenen Wärmefluidums vermehrt, weil, wenn dieser Grundstoff eine neue Verbindung eingegangen ist, er durch seine Ziehkraft, die Elasticität des mit ihm verbundenen Wärmestoffs nicht mehr schwächen kann. Mithin muß die Capacität A der Luftschicht, zunächst um jenen Körper, vermindert, und folglich die Temperatur erhöhet werden, voraus gesetzt, daß die Quantität der Wärme in dieser Schicht indessen keine Aenderung leide, und überhaupt keine in jener Schicht entstandene empfindbare Wärme, sogleich wieder, in die entferntern Luftschichten überströme, welches wegen der geringen wärmeleitenden Kraft der Luft, ohnehin nicht angenommen werden kann.

191. Dies vorausgesetzt, wird nun die Frage (185) sich folgendergestalt beantworten:

Erstlich wird durch das Reiben des Stahls an dem Steine, unabhängig von der umgebenden Luft, (183) diejenige Hitze hervorgebracht, wel-

welche die abgesonderten Stahlstückchen haben müssen, um aus der umgebenden Luft das Oxygen anziehen zu können.

Es haben nämlich diese Stahltheilchen nur bey einer gewissen Temperatur, diejenige Verwandtschaft gegen das Oxygen, vermöge deren sie dasselbe, der Luft rauben, und sich mit ihm zu einem Metallkalche verbinden können.

Die Erfahrung lehret, daß sich dies überhaupt in mehreren Fällen so verhalte, daß nämlich gewisse Substanzen, nur bey einer gewissen Temperatur fähig sind, sich mit andern zu verbinden, daß überhaupt die Temperatur eine Aenderung in den Anziehungskräften körperlicher Stoffe hervorbringe, wodurch ihre Würkung auf einander, entweder vergrössert oder beschleunigt, entweder vernichtet, oder in Unthätigkeit versetzt wird.

Es ist unnöthig, für diesen bekannten Satz Beyspiele anzuführen. Die Chymie giebt deren in grosser Menge, und ich kann darüber insbesondere auch auf eine Abhandlung des Hrn. Morveau, vom Einflusse verschiedener Grade der Wärme, auf die chemischen Verwandtschaften, (Greens Journal der Phys. 2. B. 1790.

1790. S. 229.) zum weitern Nachlesen verweisen.

192. Also durch das Reiben erhalten die abgesprungenen Stahlstückchen erstlich den nöthigen Grad der Hitze um ihre Verwandtschaft gegen das Oxygen der umgebenden Luft äussern zu können. Sie ziehen dasselbe an und verwandeln sich in Eisenmohr.

193. Indem aber die Luft ihres Oxygens beraubt wird, vermindert sich ihre spezifische Wärme oder Capacität, und nun erst entsteht so viel Hitze (190.), daß die abgesprungenen Stahltheilchen, bey ihrer Verwandlung in Eisenmohr, auch zugleich in Fluß kommen, und als glühende Kügelchen abspringen.

194. Dies ist die natürlichste Vorstellung die man sich von der Sache machen kann. Es ist, wie man sieht, hiebey nicht nöthig, anzunehmen, daß durch das Reiben erst Phlogiston entwickelt werden müsse, um dem Stahle die Fähigkeit zu geben, das Oxygen der umgebenden Luft anziehen zu können. Bey dieser gewöhnlichen Erklärungsart, nimmt man einen Stoff mehr an, dessen Gegenwart weder erwiesen, noch sonst zur Erklärung nöthig ist.

Gesetze des Brennens.

195. Auf eine ähnliche Art läßt sich ein jedes Verbrennen eines Körpers erklären, ohne daß man dabey eines Phlogistons bedarf.

196. Sobald nämlich ein Körper nur hinlänglich an irgend einer Stelle, entweder durch Reiben, oder durch Annäherung eines andern heißen Körpers, erhitzt worden ist, wird er an dieser Stelle fähig, das Oxygen der mit ihm in Berührung stehenden Luft anzuziehen; diese wird dadurch erhitzt, (190) und theilt diese Hitze dem Körper selbst mit. Dadurch wird derselbe von neuen fähig, noch mehr Oxygen anzuziehen, und die Hitze der mit ihm in Berührung stehenden Luft nimmt zu. Der Körper wird dadurch selbst allmählig immer mehr und mehr erhitzt, und geräth zuletzt ins Glühen, oder bricht in eine Flamme aus, wenn er flüchtige Theile genug enthält, welche im Zustande des Glühens, sich von ihm erheben können.

197. Indessen ist hierbey, um alles vollständig zu erklären, nicht blos auf die Hitze Rücksicht zu nehmen, welche in der den brennenden Körper umgebenden Luft, durch Verminderung ihrer Capacität, in jedem Augenblicke entsteht, sondern man muß auch diejenige

Aen-

Aenderung der Capacität erwägen, welche der Körper selbst, in jedem Augenblicke, während des Brennens, erfährt.

198. Der brennende Körper zieht das Oxygen aus der Luft an, und erhält also einen neuen Bestandtheil. Hiedurch muß sich offenbar erstlich seine Capacität ändern, und das, in jedem Augenblicke, so lange die Zerlegung der Luft vor sich geht. Ich will diese Aenderung x nennen.

199. Dann aber verliehrt er auch wieder andere Bestandtheile, die mit der entstandenen Hitze, sich zu luft- und dampfförmigen Flüssigkeiten verbinden, hiedurch entstehet wieder eine Aenderung seiner Capacität, die ich mit y bezeichnen will.

200. Diese Aenderung y kann zum Theil derjenigen x entgegengesetzt seyn, die er nach (198) erfährt. Es kann aber auch geschehen, daß sie jener nicht entgegengesetzt ist; dann würde, im ersten Falle, die Aenderung der Capacität, die der Körper zusammengenommen erführe $= x - y$, im letztern Falle $= x + y$ seyn.

201. Ich will überhaupt diese Aenderung der Capacität, welche der Körper in einem gewissen Augenblicke des Brennens erfährt, $= v$ nennen; diejenige aber, welche die

umgebende Luft, theils durch Absetzung ihres Oxygens, theils durch fremde Bestandtheile, die sie dagegen von dem brennenden Körper wieder aufnimmt, in eben dem Augenblicke erfahren würde, = w nennen.

202. So erhellet, daß der brennende Körper und die Luft zusammen die Aenderung $v + w$ ihrer Capacität erfahren.

203. Wäre demnach des Körpers Capacität, ehe sie sich änderte, $= K$, der Luft ihre $= k$, so wäre die, in einem gewissen Augenblicke des Brennens, geänderte Summe der Capacitäten $= K + k + v + w$.

Auf diese kommt nun eigentlich die empfindbare Wärme an, welche in diesem Augenblicke des Brennens, zusammen in dem Körper und in der Luft, hervorgebracht wird.

204. Wären die Aenderungen v und w beyde bejaht, so würde in jenem Augenblicke, die Capacität der auf einander würkenden Substanzen, der Luft und des Körpers, eine Vermehrung, mithin die gemeinschaftliche Temperatur eine Verminderung erleiden. Dies wäre mit einem Worte der Fall wie derjenige, wenn chemisch auf einander würkende Substanzen Kälte hervorbringen.

205. Soll demnach Hitze hervorgebracht werden, so muß v+w eine negative Grösse seyn, damit die totale Capacitat, K+K+v+w, in dem folgenden Augenblicke kleiner, als K+k in dem vorhergehenden, sey.

206. Wäre v+w=o also v=—w, d. h. wäre die augenblickliche Aenderung der Capacität des einen Körpers, entgegengesetzt derjenigen, welche der andre erfährt, so würde ebenfalls keine Temperaturerhöhung erfolgen können. Sie würde ungeändert dieselbe bleiben, welche die zusammengebrachten Körper, vor ihrer Würkung auf einander, hatten.

207. Um das Bisherige nun allgemein in einer Formel zu übersehen, so sey beyder Körper gemeinschaftliche Temperatur, in einem gewissen Augenblicke ihrer Würkung auf einander = T, des einen Capacität =K, des andern =k, die geänderte Summe der Capacitäten im folgenden Augenblicke = 𝔎 =K+k+v+w, und die Temperatur=𝔗. So ist die gesammte Quantität der Wärme in ihnen, vor ihrer Würkung auf einander, =(K+k) (n+T), nach ihrer Würkung aber =𝔎 (n+𝔗).

208. Ich nehme nun an, daß weder freye Wärme gebunden, noch entbunden wer-

de, während daß die Körper chymisch auf einander würken, auch daß keine Wärme in die umgebenden Körper überströme, sondern alle Wärme, welche die Körper, vor ihrer Würkung auf einander, hatten, sich auch während ihrer Würkung, zusammen in ihnen befinde. Dies giebt denn die Gleichung

$$\mathfrak{K}(n+\mathfrak{T})=(K+k)\,(n+T)$$

mithin

$$n+\mathfrak{T}=\frac{K+k}{\mathfrak{K}}.\,(n+T)\ \text{d. h.}$$

Die Temperatur $n+\mathfrak{T}$ der Körper, nach ihrer Würkung auf einander, wird grösser oder kleiner seyn, als $n+T$ vor ihrer Würkung, je nachdem die geänderte Capacität $\mathfrak{K}$ kleiner oder grösser als $K+k$, (die Summe der Capacitäten der Körper vor ihrer Würkung) ist.

209. Die Anwendung hievon auf das Brennen der Körper, ist nun offenbar. Während des Brennens ändern sich in jedem Augenblicke die gegenseitigen Capacitäten der Luft und des Körpers, durch die chymische Würkung die sie auf einander äussern. Die in jedem Augenblicke dadurch hervorgebrachte Temperaturerhöhung kann aber nur blos durch eine Verminderung der Summe der Capacitäten der in einander

der

der würkenden Körper hervorgebracht werden. Diese Verminderung wird nun wohl nicht in einem jeden Augenblicke so groß seyn, wie in dem andern, daher denn das Brennen bald mehr bald weniger ungleichförmig vor sich geht. Auch geht immer ein Theil der entstandenen Hitze durch Mittheilung an andere benachbarte Körper über, welches wiederum die Schnelligkeit der gegenseitigen Würkungen verhindert. Indessen läßt sich doch im allgemeinen einsehen, wie die totale Hitze, die beym Brennen hervorgebracht wird, das Resultat der successiven Capacitätsänderungen sowohl der Luft, als auch des brennenden Körpers, seyn wird.

210. Es erhellet hieraus, wie unrichtig der Schluß sey, wenn man voraussetzt, die Hitze beym Brennen entstehe nur allein durch die Decomposition der Luft, die den brennenden Körper umgiebt. Sie wird grossentheils auch selbst durch Verminderung der Capacität des brennenden Körpers, indem derselbe das Oxygen der Luft anzieht, dagegen aber auch wieder anderer Bestandtheile beraubt wird, und dadurch eine Formänderung erfährt, hervorgebracht werden können. Auf diesen Umstand scheint man nicht genug Rücksicht genommen zu haben, wenn man behauptet, die Luft

könne in einem gewissen Volumen nicht so viel Wärmestoff enhalten, als zur Erklärung der oft so grossen Erhitzung, während des Brennens, hinreichte.

211. Ist der Körper nur mit einer bestimmten Quantität Luft umgeben, z. E. in einem eingeschlossenen Raume, so muß das Verbrennen desselben, und seine weitere Zerstörung durch die Hitze, aufhören, sobald jene Quantität Luft ihres Oxygens völlig beraubt worden ist. Daher, wie bekannt, in einer bestimmten Portion Luft, auch nur eine bestimmte Portion eines Körpers verbrennen kann. Jemehr eine solche Luft sich der dephlogistisirten nähert, eine je grössere Quantität Oxygens sie also dem Körper mittheilen kann, eine desto schnellere und lebhaftere Veränderung muß er durch die entstehende Hitze erfahren.

212. Wenn ein Körper Theilchen enthält, welche sich von ihm, während des Verbrennens trennen, so können solche eine neue Verbindung mit dem ihn umgebenden Wärmestoffe eingehen, und solchergestalt in luftförmige Flüssigkeiten verwandelt werden.

213. Daher zeigt sich in dem Raume worin ein Körper verbrannt ist, statt der dephlo-

stisir-

sirten Luft, gewöhnlich ein andrer Luftstoff, der aber oft von einer sehr gemischten Beschaffenheit ist, je nachdem der verbrannte Körper mehr oder weniger aus solchen Stoffen zusammengesetzt war, welche mit dem Wärmestoffe sich zu luftförmigen Substanzen umbilden können.

214. Da die Grundstoffe dieser, bey dem Verbrennen eines Körpers, entstehenden Luftarten, durch ihre Ziehkraft die spezifische Elasticität desjenigen Wärmestoffs wieder schwächen, der aus der dephlogistisirten Luft durch Beraubung ihres Oxygens, in Thätigkeit gesetzt worden war (196), so ist sehr begreiflich, warum solche neu entstehende Luftstoffe, allmählig dem fernern Verbrennen des Körpers hinderlich fallen müssen. Denn jener Wärmestoff kann alsdann sich nicht mehr mit der vorigen Kraft, auf den brennenden Körper verwenden, und ihn in demjenigen Grade der Temperatur erhalten, bey welchem er nur allein fähig ist, noch ferneres Oxygen anzuziehen. Die Abscheidung des Oxygens aus der dephlogistisirten Luft, hört also auf, und hiemit auch die weitere Hervorbringung von Hitze und Gluth. Der Körper hört auf zu brennen, und die noch übrige dephlogistisirte Luft bleibt unzerstört, mit den neu entstandenen Luftarten vermischt.

215. Ist die Luft, in der ein Körper brennt, mit andern Gas-Arten vermischt, deren Basis aus Mangel an Verwandschaft zu dem brennenden Körper, sich demselben nicht, wie das Oxygen der dephlogistisirten Luft, mittheilen kann, so bleiben diese unzersetzt in dem Raume zurück, wo die Verbrennung geschieht. Dies ist der Fall, wenn ein Körper nur in gemeiner atmosphärischer Luft verbrennt. Diese ist gewöhnlich nur aus einem Theile dephlogistisirter und drey Theilen sogenannter Stikluft (Mofette) zusammengesetzt. Brennt ein Körper in ihr, und setzt man voraus, daß hiebey nicht wieder neue Luftstoffe gebildet werden, so bleibt in dem Raume, wo die Verbrennung geschehen ist, nur allein noch jene Stikluft übrig, die mit der atmosphärischen vermischt war, und die atmosphärische ist also, nach Verlust ihres dephlogistisirten Antheils, gleichsam um $\frac{1}{4}$ ihres Volumens vermindert worden.

216. Brennt ein Stoff in einem Raume, der mit ganz reiner dephlogistisirter Luft erfüllt ist, und steht die Menge dieses Stoffes mit der angewandten Quantität dephlogistisirter Luft in dem gehörigen Verhältnisse, so wird, unter der Voraussetzung, daß während des Brennens nicht neue Luftstoffe

stoffe erzeugt werden, die ganze Portion dephlogistisirter Luft von dem brennenden Körper zerstört (211.), so, daß gleichsam ein luftleerer Raum entsteht, der nur allein mit Wärmestoffe erfüllt bleibt, welcher sich aber bald mit den umgebenden Körpern ins Gleichgewicht der Temperatur versetzt.

217. Der brennende Körper selbst muß aber dann einen Zusatz an Gewicht erhalten haben, der dem Gewichte des Oxygens gleich ist, welches er der dephlogistisirten Luft entzogen hat; auch muß er durch diesen neuen Bestandtheil nothwendig eine Aenderung seiner Form erleiden. Metalle (Gold, Silber und Platina ausgenommen) verwandeln sich auf diese Art, bey dem Processe des Brennens, in sogenannte Kalche, Phosphor in Phosphorsäure, Schwefel in Vitriolsäure, und überhaupt mehrere Substanzen in Säuren, welches gedachtem Grundtheile der dephlogistisirten Luft, den Namen Oxygen (Säure-erzeugendes Princip) verschafft hat.

218. Wenn die eben (217.) genannten Körper in reiner dephlogistisirter Luft brennen, so wird sie von denselben absorbirt, und in dem Raume, wo dies geschehen ist, zeigt sich

kein neuer Luftstoff, sondern der Rückstand ist nach dem Verbrennen noch eben so rein, als zuvor. Dies beweist, daß die erwähnten Körper während des Brennens keinen ihrer Bestandtheile verliehren, sondern ihre neue Form nur allein dem Oxygen zu verdanken haben, welches sich mit ihnen verbunden hat.

219. Diese Körper erfahren also eigentlich keine Zerstörung, sondern vielmehr eine neue Zusammensetzung, eine Aenderung des Zustandes durch den Beytritt eines neuen Bestandtheiles. Nur in denen Fällen, wo während dem Processe des Brennens, sehr viele Bestandtheile des Körpers sich von ihm trennen, kann man also eigentlich sagen, daß er durch die Hitze zerstört werde.

220. Manche Körper haben so wenig Anziehung gegen das Oxygen, daß sie entweder gar nicht, oder sehr langsam in der dephlogistisirten Luft brennen. Unterweilen kann ihre Anziehung zum Oxygen, durch Hinzusetzung eines andern Körpers begünstigt werden, in welchem Falle sie denn ebenfalls der Verbrennung und Formänderung (217) fähig werden. In der Chemie kommen eine Menge Beyspiele dieser Art vor.

221. Wenn eine Substanz bey dem Brennen keinen ihrer Bestandtheile verlohren, sondern nur allein durch den Beytritt des Oxygens eine Aenderung ihres Zustandes erfahren hat (218.), so muß diese Substanz wieder in den vorigen Zustand zurückkehren, wenn sie dieses Oxygens wieder beraubt wird. Dies ist insbesondere der Fall bey den oberwähnten Metallen, von denen man sagt, daß sie reducirt werden, wenn sie aus dem kalchförmigen Zustande, wieder in den metallischen oder regulinischen übergehen.

222. Sehr oft ist blos eine hinlängliche Hitze, und zwar eine grössere, als die zum Verkalchen des Metalles erfordert wurde, im Stande, den Metallkalchen, wieder ihr Oxygen zu entziehen Es muß aber bey diesem Proceß der Zutritt der äussern Luft sorgfältig abgehalten werden, damit das Metall, während der Reduction, nicht von Neuen Oxygen anziehen, und dadurch wieder verkalkt werden könne. Daher man die Reduction in verschlossenen Gefässen vornehmen, jedoch eine solche Einrichtung treffen muß, daß das vermittelst des Wärmestoffs wieder luftförmig gewordene Oxygen, entweichen, und nicht wieder zu dem sich reducirenden Körper treten könne, welches am besten dadurch geschieht,

daß

daß man den Deckel des verschlossenen Gefässes mit einer Röhre versieht, deren Mündung, wie gewöhnlich bey Entbindung der Luftstoffe, unter Wasser oder Quecksilber gebracht wird.

223. Daß verschiedene Metallkalche solchergestalt ohne fremden Zusatz wieder reducirt werden können, zeigt doch wohl offenbar, daß die Metalle sich von ihren Kalchen, nur durch den Mangel des Oxygens unterscheiden. Warum glaubt man also noch einen besondern Stoff (das Phlogiston) annehmen zu müssen, um die Reduction der Metallkalche zu begreifen? da sie ja nur ihres Oxygens beraubt werden dürfen, um wieder in metallischer Form zu erscheinen, warum behauptet man, daß sie erst das Oxygen gegen einen andern Stoff vertauschen müssen, den man gar nicht einmal kennt? und ist es nicht der Einfalt und Sparsamkeit der Natur gemäß, wenn man sich die Bildung der Metalle aus ihren Kalchen, ohne Phlogiston, zu erklären weiß?

224. Freylich, sagt man, sey es schwer zu begreifen, wie ein Körper (der Metallkalch) im Glühefeuer, denjenigen Stoff (das Oxygen) wieder fahren lassen könne, den er in der Hitze angenommen hatte.

225. Allein, es giebt ja in der Chemie eine Menge von ähnlichen Beyspielen, daß z. B. ein Stoff A, in einer gewissen bestimmten Menge, zu einem andern B gesetzt, die Verwandschaft von B zu einem dritten Stoffe C, so begünstigt, daß B sich dadurch mit C verbinden kann, daß hingegen B von C sich wieder abscheidet, so bald man eine noch grössere Menge des Stoffs A hinzu setzt. Würden z. B. manche Säuren auf feste Körper würken, und sie auflösen können, wenn sie derjenigen Portion Wassers beraubt wären, der sie wenigstens die nächste Ursache ihrer Flüssigkeit zu verdanken haben. Kann man aber nicht sehr oft, nachdem die Auflösung geschehen ist, den aufgelösten Körper durch Hinzusetzung einer grössern Menge Wassers wieder abscheiden, zum Beweis, daß eine geringe Portion Wassers, diejenige nämlich, welche die Säuren im flüssigen Zustande enthalten, die Verbindung des aufgelösten Körpers mit der Säure (oder einem ihrer Bestandtheile) begünstigte, eine grössere Menge hingegen die Verbindung wieder aufhebt? Ist es ferner nicht bekannt, daß manche Säuren einen gewissen Grad von Hitze erfordern, um sich mit einem Körper verbinden zu können, z. B. die concentrirte Vitriolsäure, wenn sie Eisen auflösen soll,

daß

daß hingegen durch eine grössere Hitze, diese Säure (z. E. die Vitriolsäure aus dem Eisenvitriol) wiederum abgeschieden wird? Ueberhaupt ist es ja sehr begreiflich, daß die Verwandtschaft einer Substanz zum Wärmestoffe, nach der verschiedenen Intensität des Wärmestoffs selbst, sehr verschieden seyn kann, wovon die oben (191) angeführte Abhandlung mehrere Beyspiele liefert.

226. Daß manche Metallkalche beym Glühen, nur in verschlossenen Gefässen, wieder hergestellt werden können, kann ausser dem in (222) angeführten Grunde, auch darinn mit liegen, daß sie in offenen Gefässen, wegen der unmittelbaren Berührung mit der äussern Luft, zumal auf ihrer Oberfläche, nicht denjenigen Grad der Hitze annehmen können, welcher zum Abscheiden des Oxygens erforderlich ist; sie behalten also daselbst immer nur diejenige Temperatur, bey der sie Verwandtschaft genug gegen das Oxygen haben, um dasselbe zurückhalten zu können. In verschlossenen Gefässen, wird hingegen die Hitze zusammengehalten, und also dadurch gewiß zum Theil die Reduction befördert.

227. Viele Metallkalche bedürfen eines Zusatzes um ihr Oxygen fahren lassen zu können, und dadurch reducirt zu werden.

228. Dieser Zusatz kann theils die Schmelzung befördern, theils die Verwandschaft des Oxygens in dem Metallkalche dergestalt schwächen, daß das Oxygen nunmehr als dephlogistisirte Luft entweichen kann. Es kann auch dieser Zusatz durch seine Verwandtschaft zum Oxygen, es vielleicht dem Metallkalche selbst entziehen. Ist diese Verwandtschaft sehr groß, so können solche Kalche sogar in offnen Gefässen, und überhaupt bey einem geringern Grad von Hitze reducirt werden, wobey jener Zusatz sich nicht nur des Oxygens des Metallkalches, sondern auch der umgebenden Luft bemächtigt, damit sich dasselbe nicht wieder mit dem sich reducirenden Metalle verbinden, und es verkalchen könne.

229. Verbindet sich das Oxygen, mit der dem Metallkalche zugesetzten Substanz selbst, so kann es bey der Reduction des Kalches begreiflich nicht als dephlogistisirtes Gas zum Vorschein kommen. Man bedarf alsdann auch keiner Vorrichtung dieses Gas aufzufangen. Hingegen können andere luftförmige Stoffe aus jenem Zusatze, vermittelst der Hitze, entbunden werden, denen man, um das Zerspringen der Gefäße zu verhüten, einen Ausweg verschaffen muß. Auch kann das Oxygen in Verbindung mit andern Stoffen

fen entweichen, aber freylich alsdann nicht als dephlogistisirte Luft.

230. Gold, Silber und Platina lassen sich in freyer Luft nicht verkalchen, ihre Verwandtschaft zum Oxygen, muß also so schwach seyn, daß sie solches der Luft allein nicht rauben können. Hingegen können diese Metalle in verschiedenen Säuren aufgelößt, und aus diesen als Metallkalche niedergeschlagen werden. Diese Säuren enthalten nämlich das Oxygen, aber nicht blos mit dem Wärmestoffe verbunden, wie in der dephlogistisirten Luft (189.), sondern mit einem andern Stoffe vereinigt, dem das Oxygen die saure Beschaffenheit ertheilt (217).

231. Trennt sich nun das Oxygen lieber von diesem Stoffe (mit dem es nämlich die Säure constituirt) als es sich in der dephlogistisirten Luft, von dem Wärmestoffe trennen würde, so wird das Metall es eher dieser Säure, als der dephlogistisirten Luft entziehen können. Das Metall wird also in einer solchen Säure verkalcht werden können, wenn es in der Luft entweder gar nicht, oder nur sehr schwer geschehen kann. Dies ist der Fall bey den zu Anfange des Absatzes (230.) erwähnten Metallen.

232.

232. Die solchergestalt auf dem nassen Wege erhaltenen Gold- Silber- und Platinakalche, lassen sich nun in offnen Tiegeln, und ohne Zusatz, wieder reduciren, wenn sie einem hinlänglichen Grad von Hitze exponirt werden. Denn weil diese Metalle in der Luft selbst nicht verkalcht werden konnten, so kann nun die Luft auch ihrer Redution nicht hinderlich fallen, wie in (222). Sie werden also das auf dem nassen Wege erhaltene Oxygen, nun sehr leicht dem Wärmestoffe wieder überlassen, mit welchem es denn während der Reduction, als dephlogistisirte Luft, abgeschieden wird.

233. Es wird nunmehr ohne Schwierigkeit einzusehen seyn, wie in der Theorie von der Verkalchung und Wiederherstellung der Metalle, das sogenannte Phlogiston eine sehr überflüssige Rolle spiele. Daß manche Kalche, um reducirt zu werden, eines Zusatzes bedürfen, beweißt doch würklich nicht, daß sie ihr Oxygen, erst gegen das Phlogiston dieses Zusatzes vertauschen müssen, um wieder die metallische Form annehmen zu können; warum sagt man nicht lieber, dieser Zusatz raube nur dem Metallkalche das Oxygen, wegen der grössern Verwandschaft zu ihm, oder vermindere wenigstens die Verwandschaft des

Metalles zum Oxygen, daß letzeres, vermittelst des Wärmestoffs, nunmehr leichter abgeschieden, und entweder für sich allein, oder in Verbindung mit gewissen Bestandtheilen jenes Zusatzes, in Luftform verwandelt werden könne?

234. Ich habe durch langes Nachdenken über die Gründe für und wider das Phlogiston, wenigstens für meinen Theil, mich überzeugt, daß die neue Theorie des Hrn. Lavoisier, über das Verkalchen und Wiederherstellen der Metalle, so wie überhaupt über die Gesetze des Brennens, die einfachste sey, die bisher bekannt geworden ist, und daß sich die Einwürfe dagegen, aus den bisher angeführten allgemeinen Sätzen, hinreichend beantworten lassen. Ich bin auch überzeugt, daß sehr viele Einwendungen gegen die antiphlogistische Theorie nur scheinbar sind, und sich auf eine nicht hinreichende Kenntniß dieser Theorie gründen. Auch kennen ohne Zweifel diejenigen Hrn. Lavoisiers System nicht genug, welche behaupten, er nehme ja im Grunde doch das Phlogiston, nur unter einem andern Namen, nämlich den von ihm sogenannten Kohlenstoff, an.

235. Hat denn Hr. L. irgendwo behauptet, daß dieser Kohlenstoff die bestimmende

Ursache der Wiederherstellung der Metalle aus ihren Kalchen sey, so, daß sich dieser Stoff mit den Metallkalchen selbst verbinden müsse, wenn diese sollen wieder hergestellt werden. Ist dieser Kohlenstoff nicht in vielen Fällen, nur ein Abscheidunsmittel des Oxygens von den Metallkalchen, so wie es mehrere andere Substanzen auch sind, nach Verhältniß ihrer verschiedenen Verwandschaften zum Oxygen, und geht nicht das Oxygen, in Verbindung mit dem Kohlenstoffe, als Luftsäure (217.) von dem sich reducirenden Metalle? Hat überhaupt Lavoisier irgendwo die Nothwendigkeit dieses Kohlenstoffs in allen andern Fällen, wo die Stahlianer sonst das Phlogiston annehmen, behauptet?

236. Indessen würde es wider den Zweck dieser Abhandlung seyn, das Lavoisierische System hier weiter aus einander zu setzen, und mich in verschiedene Einwürfe einzulassen, die man dagegen gemacht hat; oder auch die Anwendung der bisher beygebrachten Grundsätze, auf die einzeln Phänomene der Verbrennung, des Verkalchens, und der Wiederherstellung der Metalle, der Entstehung der Säuren, der Bildung des Wassers, (aus dem Oxygen, und Hrn. Lavoisiers Hydrogene,) und der luftförmigen Flüssigkeiten, hier

aus einander zu setzen. Wer sich die beygebrachten Hauptsätze geläufig gemacht hat, wird ohne Mühe dasjenige verstehen können, was Hr. Lavoisier von gedachten Gegenständen, in seinem Traité Elementaire de Chymie vorgetragen hat, welches vortrefliche Werk, hoffentlich viele ~~Anti~~phlogistiker bekehren wird.

237. Man wird aus dem beygebrachten sich auch die sehr schnellen, von selbst erfolgenden Entzündungen verschiedener Metalle und anderer Stoffe, in dem sogenannten dephlogistisirten salzsauren Dunste, worüber Hr. Westrumb so viele und schöne Versuche (Crells Annalen 1790. 2s St.) angestellt hat, ohne Phlogiston erklären können.

238. Sonderbar scheint es bey diesen Versuchen zu seyn, daß einige würklich entzündete Stoffe, z. E. ein brennendes Licht, (Hr. v. Fourcroy hat hier zwar das Gegentheil wahrgenommen. Annales de Chymie par Mrs. de Morveau, Lavoisier etc. Tom. IV. S. 249. u. f. auch Grens Journal der Phys. 1790. 6. H.), ein glühender Holzspan, brennender Schwefel, und mehrere andere Körper, in dem dephlogistisirten salzsauren Dunste, nicht fort-

fortbrennen, sondern in kurzem verlöschen, hingegen Phosphor, Spiesglanzkönig, Arsenikkönig, Spiesglanzschwefel, Zinnober, Nikelkönig, Wismuth, Bley, Kohle, Kobold, Zinn, Kupfer, Eisen, Zink und mehrere Körper, ohne, wie in der dephlogistisirten Luft, eines Anfangs einer Entzündung zu bedürfen, sich sehr leicht, einige bey der gewöhnlichen mittlern Temperatur der Atmosphäre, andere bey einer etwas höhern, aber doch vom Glühen noch weit entfernten Temperatur, von selbst, und sehr lebhaft, mit Hervorbringung einer sehr großen Hitze, und Gluth entzünden.

239. Ich sage, sonderbar scheint es zu seyn, ich finde aber in der That eben so wenig Sonderbares darinn, als warum ein heißes Stück Glas in kalte Vitriolsäure gebracht, darinn auch kalt wird, und sich in ihr nicht eben so verhält, wie ein kaltes Stück Eisen, welches darinn mit einer sehr starken Erhitzung aufgelößt wird.

240. Daß ein brennendes Licht, angezündetes Holz rc. in dem dunstförmigen-salzsauren Gas nicht fortglühen, heißt ja nur so viel, die Substanz dieser Körper, hat nicht Verwandschaft genug, gegen die mit dem Wärmestoff verbundene salzsaure Basis des Dunstes, um sie

anziehen zu können, damit gedachter Wärmestoff in Thätigkeit versetzt, und empfindbare Hitze hervorgebracht werde. Folgt denn, daß wenn diese Körper gegen das reine Oxygen in der dephlogistisirten Luft eine so grosse Verwandschaft haben, daß sie es der dephlogistisirten Luft rauben, und sich mit ihm, mit Hervorbringung einer sehr grossen Hitze vereinigen können, sie auch diese Verwandschaft gegen das Oxygen in dem salzsaurem Dunste, haben müssen? Das Oxygen ist ja in dem salzsaurem Dunste an die Basis der Salzsäure gebunden, und gemeinschaftlich mit dieser durch Hülfe des Wärmestoffs luftförmig. Dieser Dunst selbst ist ja nichts als eine mit Oxygen gesättigte und durch den Wärmestoff aufgelockerte Salzsäure. Es bleibt also gar nicht sonderbar, wenn ein angezündetes Holz in dieser dunstförmigen Salzsäure weniger, als in dem luftförmigen reinen Oxygen brennen will.

241. Hingegen finde ich nun das eben so wenig sonderbar, daß obgedachte Metalle (238), Phosphor und dergleichen, das Gegentheil zeigen, schon bey einer mäsigen Temperatur Verwandschaft genug haben, die salzsaure Basis des Dunstes anzuziehen, und hingegen nur bey einer hohen Temperatur,

tur, erst die Verwandschaft gegen das reine Oxygen der dephlogistisirten Luft haben, um sich mit ihm verbinden zu können. Salzsaures Gaß, und dephlogistisirte Luft sind ja wie zwey verschiedene Menstrua zu betrachten. Auch verhalten sich ja obgedachte Metalle, wenn sie in dem salzsauren Gaß brennen, ganz anders, wie in der dephlogistisirten Luft. In dieser ziehen sie nur das Oxygen, und werden dadurch verkalcht, in dem salzsauren Dunste ziehen sie hingegen das Oxygen in Verbindung mit der salzsauren Basis, und werden dadurch nicht in reine Kalche, sondern in salzsaure Metalle verwandelt, wie man aus Hrn. Westrumbs Versuchen ersehen kann. Auch wird schwerlich der Phosphor in dem salzsauren Gaß sich in Phosphorsäure verwandeln, wie solches in der dephlogistisirten Luft geschieht, zum Beweise, daß das Verhalten der Körper gegen das luftförmige reine Oxygen anders als gegen die dunstförmige Salzsäure ist. Auch finde ich in allen Versuchen des Brennens oder Nichtbrennens der Körper in der dunstförmigen Salzsäure, so wenig die Nothwendigkeit des Phlogistons, als bey dem Brennen in der dephlogistisirten Luft, und alle Erklärungen in Ansehung jener, bleiben wie bey dieser,

 wenn

wenn man sich bey ersterer, statt des reinen Oxygens, nur die mit Oxygen gesättigte Salzsäure, also eine andere mit dem Wärmestoff verbundene merklich schwere Substanz vorstellet.

242. Daß der gemeine salzsaure Dunst die erwähnten Würkungen nicht hervorbringt, zeigt, daß er entweder beym Behandeln mit dem Braunstein, erst einen gewissen Stoff ablegen muß, um dazu geschickt zu seyn, (Es folgt nicht, daß dies deswegen das Phlogiston seyn müsse) oder daß er vielleicht erst noch mit einer gewissen Quantität Oxygens aus dem Braunstein gesättigt werden müsse, um gegen obgedachte Körper (241), die gehörige Verwandschaft zu erhalten, um durch sie zerlegt werden zu können. Ich halte das letztere für wahrscheinlicher. Indessen würden sehr genaue Versuche nöthig seyn, die Frage zu entscheiden.

243. Die Schnelligkeit der Selbstentzündung mancher Körper in dem salzsauren Gaß, beweist die grosse Verwandschaft derselben, zu der Basis dieses Gaß. Je schneller nämlich dieses Gaß zersetzt wird, desto grösser muß auch bey sonst gleichen Umständen, nach den in (143 ꝛc.) angeführten Sätzen, die hervorgebrachte Hitze seyn; wenn

also in diesem Dunste nicht alle Stoffe gleich leicht, gleich stark brennen, und zu einem gleichhohen Grade des Glühens gelangen, so beweist dies nur, daß sie sehr verschiedene Verwandschaften gegen das Princip des salzsauren Gaß haben müssen, nicht aber, daß sie am Gehalte des Phlogistons verschieden seyn müßten, wie Hr. Westrumb dafür hält.

244. Hr. Westrumb zweifelt ferner, daß die bey der Zersetzung des salzsauren Gaß entstehende Hitze, blos von dem Wärmestoffe herkommen könne, den die Säure in Dunstform enthält. Denn, meint er, in einem Raume z. B. von 12 bis 16 Kubikzollen dieses Gaß, könne schwerlich so viel Wärmestoff enthalten seyn, daß Spießglanzkönig, Arsenikkönig und dergl. darinn bis zum Weißglühen gebracht werden könnten.

245. Allein warum kann denn in einem eben so grossen Raume voll dephlogistisirter Luft eine ganze Stahlfeder ins Glühen kommen und abbrennen, wenn nur erst ein Pünktchen derselben, durch eine äussere Ursache ins Glühen gekommen ist. Wenn die Hitze, die hier die ganze Stahlfeder erhält, von der Zersetzung der dephlogistisirten Luft herrühren kann, die durch jenes

glühende Pünktchen nur erst einen Anfang dazu (196) bekommen haben muß, so kann doch wohl auf eine ähnliche Art in dem salzsauren Dunste Wärmestoff genug vorhanden seyn, daß Metalle in ihm, zum glühen kommen können, und der ganze Unterschied würde nur darinn bestehen, daß die dephlogistisirte Luft, erst einen, auch noch so geringen, Anfang des Glühens voraussetzt, hingegen die Metalle schon bey ihrer gewöhnlichen Temperatur, das salzsaure Gaß durch ihre Verwandschaft zu dessen Basis, zu zersetzen fähig sind. Es folgt nicht, daß weder in dem einen noch andern Falle, zur Hervorbringung einer so grossen Hitze, Phlogiston aus den gedachten Körpern abgeschieden werden müsse, welches mit dem sich entbindenden Wärmestoffe, wie sich Herr Westrumb ausdrückt, zu Licht und Feuer werde. Dies wäre ohnstreitig eine viel zusammengesetztere Erklärungsart (dessen nicht einmal zu gedenken, daß es schwer einzusehen ist, wie aus Phlogiston, Licht und Feuer werden könne), als anzunehmen, die entstehende Hitze rühre nur von dem sich zersetzenden Dunste her, zumal da durch die Versuche der Hrn. Lavoisier und de la Place erwiesen ist, daß der Wärmestoff in diesem Dunste eben so häufig, wie in der dephlogistisirten Luft, anzu-

zutreffen ist, und von dem Zustande, in welchem er sich in der letztern befindet, nur durch eine stärkere Verdichtung verschieden ist. Uebrigens will ich nicht in Abrede seyn, daß auch mit dem aus der Zersetzung des salzsauren Dunstes in Thätigkeit gesetzten Wärmestoffe, sich eine gewisse Quantität desjenigen Wärmestoffs verbinden könne, welcher in den Körpern selbst enthalten ist, durch welche der Dunst zersetzt wird, und daß dadurch also die Erhitzung befördert werden könne (210.). Will Hr. Westrumb unter seinem Phlogiston diesen in den Körpern selbst schon liegenden Wärmestoff verstehen, dann liefe freylich die ganze Sache auf einen Wortstreit hinaus. Aber nach der eigentlichen Theorie der Phlogistiker, soll ja Phlogiston ein dem Feuerwesen entgegengesetztes Princip seyn.

246. Uebrigens halte ich es nicht für unwahrscheinlich, daß auch noch in andern luft- oder dunstförmigen Stoffen, als in der dephlogistisirten Luft, oder im salzsauren Dunste, Gluth und Hitze, durch Zersetzung, hervorgebracht werden können, weil jedes luft- oder dunstförmige Fluidum, ja aus einer Basis und dem Wärmestoffe besteht, dieser also in Thätigkeit (durch Vermehrung seiner spezifischen Dehnkraft) gesetzt werden kann, so bald

bald als jene Basis mit einer andern Substanz in Verbindung tritt. Die weitern Fortschritte in der Naturlehre, werden ohne Zweifel noch mehrere dergleichen elastische Substanzen an die Hand geben, in welchen diese oder jene Körper brennen können, wobey aber denn freylich diese Körper selbst auch wieder andere Veränderungen als gewöhnlich beym Brennen in atmosphärischer oder dephlogistisirter Luft, erfahren müssen, Metalle, also nicht z. B. verkalcht werden, Phosphor sich in Phosphorsäure und Schwefel in Vitriolsäure, verwandeln können. Die neuen Formen, unter denen nämlich dergleichen Körper nach dem Brennen erscheinen müssen, werden von der Beschaffenheit derjenigen Basis abhängen, die sie dem zersetzten Luftstoffe entzogen haben, wie das z. B. schon der Fall bey dem zersetzten salzsauren Dunste war (241).

Wie das Sonnenlicht den Wärmestoff modificire.

247. Da Körper, welche dem Sonnenlichte exponirt sind, durch dasselbe erwärmt werden, so müssen entweder die Sonnenstrahlen an sich selbst warm seyn, oder sie müssen den bereits in den Körpern vorhandenen

Wär-

Wärmestoff, durch Vermehrung seiner spezifischen Elasticität, in Thätigkeit versetzen, oder auch endlich selbst Wärmestoff bilden, indem sie sich vielleicht mit einem gewissen unbekannten Bestandtheile der Körper verbinden, der nun in Form einer ausdehnbaren erwärmenden Flüssigkeit entweicht.

248. Daß die Sonnenstrahlen nicht an sich selbst warm seyn können, hatten Hr. de Luc und andere schon daraus gemuthmaßt, daß in der obern Atmosphäre so wenig Wärme herrscht, und die höchsten Gebürge mit einem beständigen Schnee bedeckt sind, ohngeachtet doch daselbst die Sonnenstrahlen sich viel freyer bewegen, und in grösserer Menge beysammen sind, als in den untern Schichten der Atmosphäre, wo nur dasjenige Licht hingelangt, welches bey seinem Durchgange durch die Atmosphäre, von den Luft- und Dunsttheilchen nicht aufgehalten, und zurückgeworfen worden ist.

249 Wie sehr das Licht bey seinem Durchgange durch die Atmosphäre, geschwächt werde, darüber haben Bouguer und Lambert Untersuchungen angestellt, deren Gründe und Resultate man in den Werken gedachten Schriftsteller über die Photometrie, so wie auch

auch in Hrn. Karstens Photometrie (27 und 28. Abschnitt) mit mehreren ersehen kann.

250. Ueberhaupt ist das Sonnenlicht im leeren Raume wohl an und für sich nicht warm, sondern erreget nur Wärme, nach Maaßgabe der Verschiedenheit der Körper, worauf es fällt.

251. Sind diese Körper so beschaffen, daß sie das Sonnenlicht durchlassen, oder reflectiren, so äussert es auch in ihnen keine beträchtliche erwärmende Würkung. Wären die Sonnenstrahlen ursprünglich warm, so müßten durchsichtige Massen, welche von diesen Strahlen und der angenommenen Wärme derselben, gleichsam ganz durchstrichen werden, viel leichter und stärker, als undurchsichtige erwärmt werden, und überhaupt müßten ungleichartige, von den Sonnenstrahlen auf einerley Art beschienene Körper, zuletzt alle auf einerley gemeinschaftliche Temperatur kommen, wie Körper, die man zugleich in einerley heißes Wasser taucht.

252. Die weißen Köper aber, die Glasspiegel, und besonders die reine Kugel eines Quecksilber-Thermometers, werden sehr wenig durch die Sonnenstrahlen erwärmt. Wenn Hr. de Luc das Quecksilber-Thermometer, mit

dem

dem er die Temperatur der Luft bey Höhenmessungen durchs Barometer, beobachtete, der Sonne aussetzte, so änderte es sich nicht merklich, wenn er auf die Kugel desselben den Schatten eines kleinen entfernten Körpers fallen ließ, zum Beweise, daß es blos an der Wärme, welche die Sonnenstrahlen in der benachbarten Luft verursachten, Antheil nahm, aber nicht von den Sonnenstrahlen selbst welche bekam. Auch wurde die Würkung nicht vermehrt, wenn er selbst den Brennpunkt eines Convexglases darauf fallen ließ, in welchem doch das Licht so sehr dicht beysammen ist. In wie kurzer Zeit schmelzen dagegen Bley und andere Körper in diesem Brennpunkte. Eben so hat auch Hr. de Luc bemerkt, daß ein Thermometer mit einer geschwärzten Kugel, in den Sonnenstrahlen um ein beträchtliches höher steigt, als ein gewöhnliches, oder als eines, dessen Kugel mit einer weißen Farbe überzogen ist.

253. Diese und mehrere Gründe zeigen, daß die Ursache der Erwärmung der Körper durch das Sonnenlicht, nicht in dem Sonnenlichte, *in so fern es selbst warm ist*, sondern vielmehr darinnen liegen müsse, daß durch dasselbe, die in den Körpern schon vorhandene Wärme, entweder in grössere Thä-

tig-

tigkeit versetzt, oder auch ganz neue hervorgebracht wird, die zuvor in ihnen nicht vorhanden war.

254. Einige haben sich vorgestellt, das Sonnenlicht riebe sich an den Körpern, worauf es fällt, und bringe solchergestalt empfindbare Wärme hervor, wie ein paar Stückchen Holz, die man an einander reibt.

255. Wer sich aber die sehr grosse Feinheit des Lichtes vorstellt, wird sich schwerlich überzeugen können, daß das Reiben desselben so beträchtlich seyn könne, daß dadurch z. B. in dem Brennpunkt eines Glases, Bley in einem Augenblicke zum Schmelzen gebracht wird, welches doch durch das ohngleich stärkere Reiben zweyer Stückchen Bley an einander, nicht möglich ist.

256. Also bleibt kein anderer Weg, als sich vorzustellen, der Wärmestoff in den Körpern selbst, bekomme durch das Sonnenlicht ein grössere ausdehnende Kraft, äussere also nun eine grössere thermometrische und erwärmende Würkung.

257. Das könnte aber auf zweyerley Art geschehen. Entweder, daß das Sonnenlicht die Anziehungskraft der Körper gegen den Wärmestoff schwächte, in welchem Falle er denn

denn eine grössere spezifische Dehnkraft erhalten müßte (35.), oder daß es sich mit dem Wärmestoffe selbst verbände, und mit ihm eine beweglichere freyere Flüssigkeit constituirte, die nun weniger als zuvor durch die Ziehkraft der Körper aufgehalten würde. Dann wäre also das Licht für den Wärmestoff gleichsam das, was der Wärmestoff für gröbere Substanzen ist, die er auflockert, und mit denen er sich zu ausdehnbaren Flüssigkeiten verbindet.

258. Vielleicht besteht also wohl überhaupt aller in den Körpern bereits vorhandene Wärmestoff, im Grunde nur aus Lichtstoff, der sich von der ersten Schöpfung her, mit einer bisher uns unbekannten, in verschiedenen Körpern mehr oder weniger enthaltenen Substanz zu demjenigen elastischen Fluidum gebildet hat, welches nun durch die Ziehkraft der Körper bald in einer grössern bald geringern Menge und Dichte in ihnen zurück gehalten wird, sie ausdehnt, und unter dem Namen der Wärme, auf uns die bekannten Wirkungen äussert.

259. So wäre also der Wärmestoff selbst kein einfaches Wesen mehr, sondern aus dem feinsten, was wir kennen, dem Lichtstoffe, und einer andern Materie zusammengesetzt, wie

ein Dampf aus Wärmestoff und Wasser. Dann wäre also der Wärmestoff selbst nur ein feiner Dunst, dem der Lichtstoff die Ausdehnbarkeit gäbe, wie solche der Wärmestoff den wässerichten Dünsten ertheilt. Nun würde sich einsehen lassen, wie nicht nur durch mehreres Licht, die ausdehnende Kraft des bereits vorhandenen Wärmestoffs vermehrt, sondern auch selbst durch Verbindung des Lichtes, mit jener uns unbekannten Substanz in Körpern, ganz neuer Wärmestoff gebildet, und dadurch die fühlbare Wärme des Körpers vermehrt werden kann, so wie die ausdehnende Kraft eines Wasserdunstes entweder durch mehr hinzugesetzten Wärmestoff, oder durch Vereinigung mit einer neuen Quantität Wasserdunstes vergrössert wird.

260. Nun sähe man auch ein, wie durch eine allzugrosse Dichte des Wärmestoffs, sich derselbe zum Theil, wie ein Wasserdunst, zersetzen, und der mit ihm verbunden gewesene Lichtstoff wieder diejenige Ausdehnbarkeit erhalten würde, vermöge der er auf das feine Seh-Organ würken, und die Empfindung der Hellheit bewürken kann, wie Wärmestoff, der durch Zersetzung wässerichter Dünste oder Luftarten, in Thätigkeit versetzt wird, auf die gröbern Organe des Gefühls würkt,

und

und in ihnen die Empfindung von Wärme hervorbringt. So rührte demnach die Hellheit des Feuers, blos von Lichtmaterie her, die bey der Zersetzung des Wärmestoffs, durch seine allzugrosse Dichte, in Freyheit gesetzt würde.

261. Diese und mehrere Analogien des Wärmestoffs mit wässerichten Dünsten, welche Hr. de Luc so schön in seinen neuen Ideen über die Meteorologie entwickelt hat, geben dieser Theorie sehr viele Wahrscheinlichkeit. Man erklärt durch sie die bisher bekannten Licht-Phänomene des Wärmestoffs, auf eine ziemlich einfache und ungezwungene Art, oder bringt sie vielmehr, auf das allgemeine Naturgesetz chemischer Bindungen, denen also auch der Lichtstoff, wie andere bisher bekannte Substanzen, bald mehr bald weniger, unterworfen ist. Es würde aber einer eigenen Abhandlung bedürfen, die Anwendung dieser Theorie auf die bekannten Erscheinungen, hier umständlicher aus einander zu setzen, oder auch die Schwürigkeiten zu zeigen, die sich noch bey ihr finden, zumal wenn man geneigt wäre, die Eulerische Theorie des Lichtes anzunehmen, die ich doch noch immer für die wahrscheinlichste halte, ohngeachtet Hr. de Luc

Meteorol. §. 142. u. f.) aus einigen Phänomenen der calcinirten Austerschaalen, auf die er das Sonnenlicht, oder einen farbigten Strahl desselben, fallen ließ, Einwendungen dagegen gemacht hat, welche sich aber, meiner Meynung nach, heben lassen.

262. Man sieht nämlich leicht, daß bey der de Lucischen Erklärung der phosphorescirenden Eigenschaften des Wärmestoffs, die Neutonianische Theorie des Lichtes, zum Grunde liege. Ich denke aber, daß, wenn man den Wärmestoff als eine durch Hrn. Eulers Aether zu einem elastischen Fluidum aufgelößte, uns freylich unbekannte Substanz der Körper, ansieht, man alle phosphorescirenden Phänomene desselben, eben so gut auch nach der Eulerischen Theorie erklären könne; ich hoffe aber meine Gedanken hierüber, einmal zu einer andern Zeit umständlicher aus einander zu setzen.

Aufgaben über die spezifische Wärme der Körper.

263. Zwey Körper von unterschiedener Temperatur, welche man unter einander vermischt, oder sonst zusammen bringt, theilen einander ihre Wärme mit, und kommen, wenn sie

sie sich ins Gleichgewicht der Wärme versetzt haben, auf eine gemeinschaftliche Temperatur.

264. Diese Temperatur der Mischung, läßt sich unter gewissen Voraussetzungen, aus den Temperaturen der zusammengebrachten Körper, vor ihrer Mischung, durch Rechnung bestimmen.

I. Es sey eines Körpers spezifische Wärme, oder Capacität = A, seine Masse = M, so heiße ich das Product M A die absolute Capacität der ganzen Masse des Körpers.

II. So wie nämlich die spezifische Capacität sich nur auf die zur Einheit angenommene Masse bezieht, so drückt das Produkt M.A des Körpers Capacität in Ansehung seiner ganzen Masse aus, voraus gesetzt, daß die Materie des Körpers durchaus von einer gleichartigen Zusammensetzung ist.

III. Nun sey des Körpers Temperatur = T, und die Quantität seiner Wärme bey dieser Temperatur = Q, so ist Q = MA (n+T), oder wenn ich die absolute Capacität M.A der Kürze halber künftig mit K (welcher Buchstabe aber nun nicht mehr mit dem in (22 ꝛc.) gebrauchten, zu verwechseln ist,) bezeichne, so ist Q = K (n+T).

IV. Bedeuten nun q, k, t, a, m, für einen andern Körper, welcher mit dem erstern (I.) vermischt, oder sonst zusammen gebracht werden soll, um sich mit ihm ins Gleichgewicht der Wärme zu versetzen, ähnliche Dinge, so ist für diesen eben so

$$q = k(n+t); \text{ wo } k = m.a.$$

V. Diese Ausdrücke (III. V.) würden also die Quantitäten freyer Wärme in beyden Körpern, vor ihrer Vermischung ausdrücken.

VI. Gesetzt nun, nachdem sie vermischt oder zusammen gebracht worden, sey die Quantität der Wärme der Mischung (oder nachdem sich beyde Körper ins Gleichgewicht der Wärme versetzt haben,) $= \mathfrak{Q}$; die Temperatur der Mischung $= \mathfrak{T}$; ihre spezifische Wärme $= \mathfrak{A}$, so ist die absolute Capacität derselben $\mathfrak{K} = (M + m)\,\mathfrak{A}$; weil die gemischte Masse, wie ich voraussetze, der Summe der Massen der zusammengebrachten Körper gleich ist.

VII. Man hat demnach für die gemischte Masse, die Quantität der Wärme

$$\mathfrak{Q} = \mathfrak{K}.\,(n + \mathfrak{T}).$$

VIII. Nun will ich annehmen, daß die Quantität der Wärme, nach der Mischung der

Kör-

Körper, gleich sey der Summe der Quantitäten vor ihrer Vermischung, oder daß

$$\mathfrak{Q} = Q + q.$$

sey.

IX. Man muß also setzen, daß, während die Körper vermischt werden, keine freye Wärme aus ihnen, sich andern Körpern, oder dem umgebenden Mittel, mittheile, daß also kein Theil von Wärme z. E. in die Atmosphäre ströme, oder in die Gefäße gehe, worinnen man die Mischung vornimmt.

X. Da aber dies nicht zu bewerkstelligen möglich ist, wenn man z. E Flüssigkeiten auch noch so geschwind zusammengießt, da immer einige Zeit erfordert wird, bis sich die Materien gehörig vermischt, und ins Gleichgewicht der Temperatur versetzt haben, so muß man die verlohren gegangene Wärme durch besondere Versuche wieder bestimmen und in Rechnung zu bringen suchen, damit die Bedingung

$$\mathfrak{Q} = Q + q \text{ (VIII.)}$$

statt finden kann.

XI. Auch ist klar, daß die zusammenzumischenden Körper, so beschaffen seyn müssen, daß sie nicht etwa chymisch auf einander würken, wodurch freyer Wärmestoff, den sie enthielten, entweder gebunden, oder gebundener

 frey

frey werden könnte. Denn dadurch würde ebenfalls die Quantität $\mathfrak{Q}$ der freyen Wärme in der Mischung, entweder kleiner oder grösser als Q+q ausfallen.

XI. Ich sage, diese Voraussetzung muß man machen, so lange die Frage noch nicht völlig entschieden ist, ob Wärmestoff würklich in eine chemische Verbindung mit Körpern treten könne.

XIII. Unter dieser Bedingung

$$\mathfrak{Q} = Q + q$$

wird demnach aus (VII. IV. III.)

$$\mathfrak{K}(n+\mathfrak{T}) = K(n+T) + k(n+t)$$

mithin die Temperatur der Mischung, von dem niedrigsten Grade der Wärme angerechnet, oder

$$n+\mathfrak{T} = \frac{K(n+T) + k(n+t)}{\mathfrak{K}}.$$

XIV. Man sieht hieraus, daß, um diese Temperatur der Mischung zu finden, die Capacität $\mathfrak{K}$ derselben für den freyen Wärmestoff, bekannt seyn muß.

XV. Diese Capacität $\mathfrak{K}$ kann nun entweder grösser, kleiner, oder gleich seyn, der Summe K+k der Capacitäten der zusammengebrachten Körper vor ihrer Mischung.

XVI. Die erstern zwey Fälle finden statt, wenn die gemischten Körper chymisch auf einander würken, und dadurch Aenderungen ihrer Capacitäten, oder der Summe ihrer Capacitäten für den freyen Wärmestoff erfahren. Z. B. wenn man Vitriolöl und Wasser, überhaupt Körper, die während ihrer Mischung nicht ungeändert ihre Form behalten, zusammenbringt. In diesem Falle würde die Capacität der Mischung bekannt seyn müssen, um die Temperatur derselben bestimmen zu können.

XVII. Da aber bisher noch der Weg nicht gezeigt worden ist, die Capacitäten überhaupt zu finden, so werde ich mich vors erste mit der allgemeinen Formel (XIII.), zumal da sie den Werth von T nicht unmittelbar angiebt, sondern den niedrigsten Wärmegrad, oder den Werth von n dabey zum voraus setzt, nicht weiter beschäftigen; sondern mich nur auf den einfachsten Fall derselben einschränken, den nämlich, daß die zusammengebrachten Körper, während ihrer Mischung, keine Aenderung ihrer Form erfahren, wenn z. E. Quecksilber und Wasser, Oel und Wasser, Metalle und Wasser u. dgl. Substanzen, die nicht chymisch auf einander würken, zusammengebracht würden. Für diesen Fall würde demnach die Capacität der

der Mischung, der Summe der Capacitäten der zusammengebrachten Körper gleich seyn.

XVIII. Um demnach

Unter der Voraussetzung (XVII.) daß $\mathfrak{K} = K + k$ sey, die Temperatur der zusammengebrachten Körper zu finden,

so wäre die Gleichung (XII.) alsdann folgende

$$(K+k)(n+\mathfrak{T}) = K(n+T) + k(n+t)$$

d. h. wenn man die Produkte entwickelt, und aufhebt was sich auf beyden Seiten gegen einander aufheben läßt

$$(K+k)\,\mathfrak{T} = KT + kt$$

also

$$\mathfrak{T} = \frac{KT+kt}{K+k}.$$

d. h. man findet die Temperatur der Mischung, wenn man die Summe der Produkte aus jedes Körpers Capacität in seine Temperatur vor der Mischung, mit der Summe ihrer Capacitäten dividirt.

XIX. In diesem Falle würde also die Temperatur $\mathfrak{T}$ der Mischung, von demjenigen festen Punkte des Thermometers, von welchem man die Temperaturen der zusammengebrachten Kör-

Körper anrechnet, (z. B. von dem Eispunkte an) gefunden, also nicht wie in (XIII.) von dem Punkte der gänzlichen Beraubung aller Wärme, welcher die Kenntniß des Werthes n voraussetzen würde.

XX. In der Formel (XVIII.) bedeuten K, k, die absoluten Capacitäten der zusammengebrachten Körper (III.). Wollte man statt deren, die spezifischen Capacitäten A, a, gebrauchen, so hätte man (I.)

$$T = \frac{MAT + mat}{MA + ma}.$$

In dieser Formel können die zusammengebrachten Körper, nach Gefallen, gleichartig oder ungleichartig seyn, nur müssen sie nicht chymisch auf einander würken, daß sie während der Mischung, Aenderungen ihrer Capacität erfahren. Um die gemeinschaftliche Temperatur T derselben zu finden, müssen demnach ausser ihren Massen, und Temperaturen vor der Mischung, auch ihre spezifischen Wärmen oder Capacitäten A, a, oder das Verhältniß derselben, bekannt seyn.

Anwendung der gefundenen Formel auf die Mischung gleichartiger Körper.

265. Für diese würden die spezifischen Wärmen A, a, in obgedachter Formel einander gleich gesetzt werden müssen.

Dann würde sie sich in

$$T = \frac{MT + mt}{M + m}$$

verwandeln.

Und dies wäre dann die bekannte Richmannische Regel, für die Mischung gleichartiger Körper, z. B. Wassers mit Wasser, Quecksilbers mit Quecksilber u. dergl.

266. Bey dieser Richmannischen Vorschrift könnte man indessen noch verschiedene Bedenklichkeiten haben. Wenn nämlich z. B. kochendes Wasser mit kaltem vermischt würde, so könnte man zweifeln, ob die spezifische Wärme A des kochenden, der a, des kalten, gleich gesetzt werden könnte, und ob überhaupt Wasser, so lange es seine Form nicht ändert, d. h. im tropfbar flüssigen Zustande sich befindet, ungeändert dieselbe Capacität behielte.

267. Wäre dies nicht der Fall, so dürfte man in (265) auch nicht A = a setzen, und die

die Richmannische Regel wäre demnach selbst für gleichartige Materien nicht mehr zu gebrauchen.

268. Nun hat aber die Erfahrung gelehrt, daß, wenn man unterschiedene Portionen Wassers, zu unterschiedenen Temperaturen, innerhalb 0 und 80 der Reaumürschen Scale, vermischt, die Temperatur der Mischung, ohne erheblichen Fehler, mit der Richmannischen Formel übereinkommt. Daraus folgt denn rückwärts, daß die Voraussetzung, worauf sie sich gründet, auch wahr seyn müsse, d. h. daß das Wasser, so lange es in tropfbar flüssigem Zustande ist, unter jeder Temperatur zwischen 0 und 80 der Reaumürschen Scale, ohne merklichen Fehler einerley Capacität oder spezifische Wärme haben müsse.

Es kann daher die Capacität des Wassers, so lange es im flüssigen Zustande ist, zu einem Maasstabe der spezifischen Capacitäten anderer Substanzen dienen.

269. Eben das würde überhaupt von dem Quecksilber, und von allen Materien gelten, so lange die Richmannische Regel für sie wahr befunden wird.

270. Wenn gleich grosse Massen zweyer Substanzen, von unterschiedenen Capacitäten und Temperaturen, zusammengemischt werden, so wird in (264. XX.) für $M = m$ die Temperatur der Mischung

$$\mathfrak{T} = \frac{AT + at}{A + a}$$

und folglich, nach der Richmannischen Regel, wenn auch zugleich $A = a$ wäre, diese Temperatur $= \frac{1}{2}(T + t)$, oder das arithmetische Mittel, zwischen den Temperaturen, der zusammengebrachten gleichgrossen und gleichartigen Körper.

271. Hieraus läßt sich sehr leicht der Satz beweisen, den Crawford S. 46 seines Buches darthut, daß nämlich: „Wenn „durch eine Erhöhung der Temperatur, die Ca„pacität einer Flüssigkeit, ununterbrochen ver„mehrt wird, und gleiche Theile (Massen) „derselben zu unterschiedenen Temperaturen „vermischt werden, die Temperatur der Mi„schung, grösser als das arithmetische Mit„tel zwischen den Temperaturen der zusam„mengebrachten Massen seyn müsse, hinge„gen kleiner, wenn die Capacität mit der „Temperatur vermindert würde.“

272. Wenn nämlich die Capacitäten, bey verschiedenen Temperaturen, nicht einander gleich

gleich wären, so wäre die Temperatur der Mischung, die ich jetzt v heissen will,

$$= \frac{AT + at}{A + a} \cdot (270.)$$

wären die Capacitäten gleich, so wäre die Temperatur der Mischung, nach der Richmannischen Regel,

$$w = \frac{T + t}{2}$$

dies giebt

$$v - w = \frac{(A - a)(T - t)}{2 (A + a)}'$$

Ist demnach für $T > t$ auch $A > a$, so wird dieser Unterschied $v - w$ eine bejahte Grösse, also auch $v > w$ seyn.

Wäre aber für $T > t$, die Capacität $A < a$, so wird dieser Unterschied $v - w$ verneint, mithin $v < w$ seyn.

Also nur für $A = a$, die Temperatur T mag grösser oder kleiner als t seyn, d. h. so lange sich die Capacitäten mit den Temperaturen nicht ändern, wird die Capacität der Mischung aus gleichen Portionen einer Substanz zu unterschiedenen Temperaturen, das arithmetische Mittel zwischen diesen Temperaturen seyn.

273. Ueberhaupt ist klar, daß auch selbst die allgemeine Formel (264. XIII) nicht mehr wahr seyn würde, wenn die Capacitäten ungleichartiger Materien, während ihrer Mischung, durch die Verschiedenheit der Temperaturen, selbst eine Aenderung erführen.

274. Unter den Voraussetzungen (264. XVIII. u. 273.) das Verhältniß der spezifischen Capacitäten zweyer zusammengebrachten Substanzen aus ihren Temperaturen, ehe man sie zusammenbringt, und der gemeinschaftlichen Temperatur, nachdem sie sich ins Gleichgewicht der Wärme versetzt haben, herzuleiten.

I. Wenn man in (264. XX) die Temperatur $\mathfrak{T}$ der Mischung, (oder die gemeinschaftliche der zusammengebrachten Körper) als eine gegebene Grösse ansieht, so kann man daraus, und aus den bekannten Temperaturen T, t, der Körper, vor ihrer Zusammenbringung, das Verhältniß der Capacitäten A : a auf folgende Art finden. Es ist

II. $\mathfrak{T}MA + \mathfrak{T}ma = TMA + tma$

oder

III. $(T - \mathfrak{T})MA = (\mathfrak{T} - t)ma$, mithin

IV.

IV. $A : a = (\mathfrak{T} - t)\, m : (T - \mathfrak{T})\, M$

Verlangte man blos das Verhältniß der absoluten Capacitäten K : k, (264. I. II.) so ist solches wegen $K = M\,A$ und $k = m\,a$ aus (III.)

V. $K : k = \mathfrak{T} - t : T - \mathfrak{T}$.

275. Diese Vorschrift (IV.) ist diejenige, nach der Crawford, die Capacitäten einer grossen Menge von Körpern durch Versuche bestimmt hat.

Er erzählt (S. 75. u. f.) was bey Anstellung dieser Versuche für mancherley Vorsichten zu beobachten sind, um keine von der Wahrheit sehr entfernte Resultate zu erhalten.

276. Wenn die zu vergleichenden Substanzen zusammengebracht werden, so vergeht allemal eine gewisse Zeit, bis beyde das Gleichgewicht der Wärme, oder die gemeinschaftliche Temperatur $\mathfrak{T}$ erreicht haben.

Während dieser Zeit, wird ein Theil ihrer Wärme an die umgebende Atmosphäre abgesetzt. Zieht man diese nicht in Betrachtung, so findet man $\mathfrak{T}$ zu klein, und das Verhältniß der Capacitäten wird unrichtig.

277. Crawford setzt, daß nach einigen Umrühren des Gemisches, zumal flüssiger Substanzen, gewöhnlich eine Minute hinreichend

sey, bis sie die gemeinschaftliche Temperatur T die man sucht, angenommen hätten.

278. Eigentlich ist aber das Merkmahl, daß die zusammengebrachten Substanzen sich ins Gleichgewicht der Wärme versetzt haben, folgendes.

I. Steht das Thermometer, welches die Temperatur der Mischung angeben soll, anfänglich in der kältern Substanz, so steigt es, wenn man die wärmere hinzuschüttet, so lange, bis das Gemisch eine gleichförmige Temperatur angenommen hat, voraus gesetzt, daß die Temperatur der äussern Luft geringer, als die des Gemisches ist. In diesem Falle wäre es also leicht, den Augenblick des Gleichgewichts anzugeben, wenn anders die zusammengebrachten Substanzen gehörig vermischt und umgerührt worden sind. Wäre aber die Temperatur der äussern Luft grösser als die des Gemisches, so würde auch das Thermometer in dem Gemische noch zu steigen fortfahren, wenn gleich das Gemisch schon die gleichförmige Temperatur erreicht hätte. Denn es würde allmählig sich mit der äussern Luft selbst ins Gleichgewicht der Wärme versetzen. In diesem Falle kann man ohne merklichen Irrthum annehmen, daß die zusammengemischten Materien, sich ins Gleichgewicht der Wärme

me versetzt haben, sobald als das Steigen des Thermometers beträchtlich langsam zu werden anfängt, und in jeder Minute gleichviel beträgt. Indessen gestehe ich gerne, daß in diesem Falle sich nie ganz sicher der Augenblick der gemeinschaftlichen Temperatur des Gemisches, wird angeben lassen.

II. Steht das Thermometer, welches die Temperatur der Mischung angeben soll, anfänglich in der wärmern Substanz, so fällt es, wenn die kältere hinzukömmt, und es giebt eine Gränze des Fallens, wenn die Temperatur der äussern Luft grösser als die des Gemisches ist. Hier wäre es also ebenfalls leicht, den Augenblick anzugeben, von dem man die gleichförmige Temperatur des Gemisches anrechnen muß. Wäre aber die Temperatur der äussern Luft geringer, so würde, wie in (I.), die gemeinschaftliche Temperatur des Gemisches ebenfalls nicht ganz sicher zu bestimmen, übrigens aber von dem Augenblicke anzurechnen seyn, da das Steigen des Thermometers gleichförmig zu werden anfängt.

279. Aus dem ferner beobachteten gleichförmigen Gange des Thermometers in der Mischung, ergiebt sich alsdann, wie viel Wärme etwa die Mischung, während der Zeit, daß sie sich

ins Gleichgewicht der Temperatur versetzte, durch Mittheilung an die Atmosphäre, verlohren, (oder auch von ihr bekommen) haben könnte. Diesen Betrag rechne man zu der Temperatur, die sich in dem Gemisch zeigte, als sie gleichförmig zu werden anfieng, so erhält man die corrigirte Temperatur der Mischung, also das wahre T.

280. Gesetzt das Gemisch habe schon, nach Verfluß einer Minute, die gemeinschaftliche Temperatur angenommen, und zeige den 58ten Gr. eines Thermometers; fiele nun das Thermometer in den folgenden Minuten immer ohngefähr um 0,5 eines Grades, so würde in jener Minute, die das Gemisch brauchte ins Gleichgewicht der Wärme zu kommen, die Correction 0,5 eines Grades, und also die verbesserte Temperatur der Mischung 58,5 Gr. betragen.

281. Fände sich noch nicht am Ende der ersten Minute, die Wärme der Mischung überall gleichförmig, sondern z. E. erst am Ende der 4ten Minute, so daß erst in der 5ten und jeder folgenden Minute, die Temperatur gleichförmig um 0,5 Grade abnehme, so würde die corrigirte Temperatur der Mischung 58° + 4.0,5 Grade oder 60° betragen. Es würden näm-

nämlich von dem Augenblicke, da man die Kör- per zusammenbrachte, bis ans Ende jener 4 Minuten, ohngefähr 2 Grad Wärme, in die Atmosphäre gegangen seyn, und so in ähnlichen Fällen.

282. Wenn man die Versuche so anstellt, daß die wärmere Substanz, die ich P nennen will, der kältern R beygemischt wird, so wird die erstere einen Theil ihrer Wärme verlieren, indem sie durch die Luft hindurchgeht. Es ist daher besser, wenn die kältere Substanz zu der wärmern geschüttet wird, und erstere, ohngefähr die Temperatur der Luft selbst hat. Alsdann ist unmöglich, daß bey ihrem Durchgange durch die Luft, irgend ein Theil ihrer Wärme verlohren gehe.

283. Offenbar muß auf die Capacität des Gefäßes, worinn die wärmere Substanz P enthalten ist, mit Rücksicht genommen werden, wenn aus der Temperatur der Mischung, das richtige Verhältniß der Capacitäten der in dem Gefäße zusammengemischten Substanzen gefunden werden soll. Eben das muß geschehen, wenn die wärmere Substanz zu der kältern in dem Gefäße gemischt wird. In diesem Falle wird nämlich ein Theil der Wärme dem Gefäße mitgetheilt, in jenem hingegen nimmt die kalte Substanz nicht allein

von

von der warmen, sondern auch von dem Gefäße einen Theil Wärme auf.

Da Crawford nicht ganz deutlich gezeigt hat, wie diese Capacität des Gefäßes und deren Einfluß auf die Temperatur der zusammengebrachten Massen in Rechnung zu bringen ist, so dienen folgende Betrachtungen zur Erläuterung.

Man sieht nämlich, daß, wenn ein paar Substanzen in einem Gefäße zusammengemischt werden, eigentlich drey Körper zusammen kommen, die sich auf eine gemeinschaftliche Temperatur versetzen.

I. Es sey also die absolute Capacität des Gefäßes $=\mathfrak{k}$, die Temperatur desselben $=T=$ der Temperatur der darinne befindlichen Substanz.

II. So ist die Quantität der Wärme, die das Gefäß enthält $=\mathfrak{k}\,(n+T)$.

III. Die Summe der Quantitäten der Wärme, der in dem Gefäße zusammen gemischten Substanzen $= K\,(n+T) + k\,(n+t)$.

IV. Also die totale Quantität der Wärme, sowohl des Gefäßes, als der in demselben zusammengebrachten Substanzen

$$=\mathfrak{k}\,(n+T) + K\,(n+T) + k\,(n+t).$$

V. Ist

V. Ist nun die gemeinschaftliche Temperatur dieser drey zusammengebrachten Körper, nachdem sie sich ins Gleichgewicht der Wärme versetzt haben = T, so ist die Quantität der Wärme in diesen drey zusammengebrachten Körpern auch = (k+K+k) (n+T) weil ich setze, daß die Summe ihrer Capacitäten durch die Mischung, nach der Voraussetzung (264. XVIII.) keine Aenderung leide.

VI. Dies, jenem Ausdruck (IV.) gleichgesetzt, giebt, nachdem man man aufgehoben hat, was sich auf beyden Seiten aufheben läßt, die Temperatur der Mischung

$$T = \frac{kT+KT+kt}{k+K+t}$$

VII. Eine Formel die für drey zusammengebrachte Substanzen derjenigen ähnlich ist, welche in (264. XVIII.) für zwey herausgebracht wurde, woraus überhaupt die Regel folgt, daß man, um die Temperatur der Mischung so vieler Substanzen, von unterschiedenen Temperaturen und Capacitäten, zu finden, man nur die Summe aller Produkte aus einer jeden Substanz Capacität und Temperatur, mit der Summe aller Capacitäten dividiren dürfe. Es versteht sich, daß hier von den abso-

absoluten Capacitäten die Rede ist, welche besonders, und für sich, wieder aus den Produkten der spezifischen Capacitäten und Massen, bestehen, nämlich $K = MA$; $k = am$.

VIII. Um die absolute Capacität des Gefäßes, oder k zu finden, müßte die spezifische Capacität der Materie, woraus es verfertigt ist, und die Masse desselben, gegeben seyn. Man setze erstere $= \alpha$ und letztere $= \mu$, so wäre $k = \mu . \alpha$.

IX. Wenn man die spezifische Capacität A der in das Gefäß gegossenen Substanz P zum Maaßstab annehmen will, so setze man, α verhalte sich zu A wie $\varepsilon : 1$. Dann wäre $\alpha = \varepsilon . A$ mithin $k = \varepsilon . \mu . A$.

X. Da ε in diesem Ausdrucke eine gewisse Zahl bedeutet, so stellt $\varepsilon . \mu$ eine gewisse Masse vor, die ich $= m$ nennen will. Dies gäbe demnach $k = m A$. d. h. die absolute Capacität des Gefäßes, würde gleich zu schätzen seyn, der absoluten Capacität einer Masse $= m$ derjenigen Substanz P, deren spezifische Capacität A zum Maaßstabe angenommen worden ist.

XI. Giebt man diese Masse an, so ist dadurch die Capacität des Gefäßes auf eine ver-

verständliche Art bestimmt, indem man $k = mA$ setzt.

XII. Diese Werthe für K, k, k in (VI.) substituirt, geben die Temperatur der Mischung

$$\mathfrak{T} = \frac{(M+m)AT+mat}{(M+m)A+ma}$$

woraus denn wie in (274. IV) nur daß statt des dortigen M jetzt M+m gesetzt werden muß

XIII. $A:a = (\mathfrak{T}-t)m : (T-\mathfrak{T})(M+m)$ folgt.

XIV. Ohngeachtet es auf diese Art nicht schwer hält, die Capacität des Gefäßes, worinn man zwey Substanzen vermischt, deren Capacitäten man sucht, in Rechnung zu bringen, so ist es doch vortheilhaft, die Versuche lieber so einzurichten, daß überhaupt nur zwey Körper zusammengebracht werden; der eine Körper könnte dann das Gefäß selbst seyn, in welches man eine gewisse Flüssigkeit hineinbringt, und das ist die Methode, deren sich Hr. Kirwan bedient, die Capacitäten der verschiedenen Flüssigkeiten zu bestimmen.

VI. Er nimmt ein irdenes Gefäß, dessen Masse $= M$ bekannt ist, und läßt es eine gewisse Temperatur $= T$ erreichen. Nun gießt er

er, so schnell als möglich, die zu untersuchende Flüssigkeit hinein, deren Temperatur = t, und Masse = m sey. Nachdem zwischen beyden Massen das Gleichgewicht der Wärme hergestellt ist, so sey die gemeinschaftliche Temperatur = T gefunden worden.

XVI. Heißt nun die absolute Capacität des Gefäßes = K, der hineingegossenen Flüssigkeit = k, so hat man das Verhältniß

$$K : k = \mathfrak{T} - t : T - \mathfrak{T}.$$

XVII. Und für das Verhältniß der spezifischen Wärmen oder Capacitäten

$$A : a = (\mathfrak{T} - t)\, m : (T - \mathfrak{T})\, M$$

oder auch (XVI.)

$$A : a = \frac{K}{M} : \frac{k}{m}.$$

wo M und m die Massen, des Gefäßes, und der Flüssigkeit, bedeuten.

XVIII. So hätte man also das Verhältniß der spezifischen Capacitäten des Gefäßes und der darinn enthaltenen Flüssigkeit.

Auf eine ähnliche Art könnte die Capacität des Gefäßes mit den Capacitäten mehrerer Flüssigkeiten verglichen werden, woraus sich denn, durch Zusammensetzung der Verhältnisse, die Capacitäten der Flüssigkeiten

ten selbst finden würden, wobey man denn eine gewisse, z. B. die des Wassers, zur Einheit anzunehmen pflegt.

Exempel zu (XVI.) (Crawford S. 98)

284. In ein Gefäß von verzinnten Eisenbleche, welches die Temperatur T=138°,5 in einem Dampfbade erhalten hatte, wurde Wasser von der Temperatur t=64°,5 gegossen. Nachdem beyde zusammengebrachte Substanzen zu einer gleichen Temperatur gekommen waren, zeigte sich T=66°. Daraus folgt für das Verhältniß der absoluten Capacitäten des Gefässes und Wassers nach (283.XVI)

$$K:k = 66-64{,}5 : 138{,}5-66$$
$$= 1{,}5 : 72{,}5$$
$$= 1 : 48 \text{ beynahe.}$$

Nach einem Mittel aus mehrerern Versuchen fand sich

$$K:k = 1 : 47{,}4 = 0{,}02109 : 1$$

oder die absolute Capacität des Gefäßes wäre 0,02109 der C. des darinn enthaltenen Wassers. Das Gefäß hatte ein Gewicht von 10 Unzen 2 Scrupel, oder von $10\frac{1}{12}$ Unzen. Das hineingegossene Wasser wog 40 Unzen. Also wäre $M = 10\frac{1}{12}$; $m = 40$. Demnach das Verhältniß der spezifischen Capacitäten des Gefäßes und Wassers (283.XVII)

$$A:a = \frac{K}{M} : \frac{k}{m}$$

$$= \frac{Km}{k.M} : 1 = \frac{1.40}{47/4.10\frac{1}{12}} : 1$$

$$= \frac{40.10.12}{474.121} : 1$$

durch Logarithmen = 0,0835 : 1

Hieraus würde man auch finden, wie viel Unzen Wassers, der Capacität nach, statt des Gefäßes gesetzt werden können; denn wegen

$K = 0{,}02109.k$ und $k = m\,a = 40.a$

ist

$K = 0{,}02109.40.a$

d. h. die absolute Capacität des Gefäßes ist gleich zu schätzen 0,02109.40 Unzen Wassers = 0,8436 Unzen Wassers, oder, wenn das Gefäß mit dem Wasser gleiche Temperatur hat, so ist die Menge der im Gefäße enthaltenen Wärme so groß, als diejenige, welche in 0,84. einer Unze Wassers enthalten seyn würde.

285. Exempel zu (283. XIII).

16 Unzen Wasser = M, wurden in ein verzinntes Gefäß hineingegossen, und auf die Temperatur T = 127 erhoben.

Mit diesem Wasser wurden 18 Unzen = m vom ausgewaschenen schweißtreibenden Spiesglanz

glanz von der Temperatur $t = 49,5$ a) vermischt.

Die Temperatur der Mischung fand sich nach gehöriger Verbesserung $T = 112,08$.

Das verzinnte Gefäß hatte eine Capacität, welche der von 0,85 einer Unze Wassers gleich befunden wurde, also $m = 0,85$ mithin $M + m = 16,85$.

Dies giebt das Verhältniß der spezifischen Capacität A des Wassers zu der a des schweißtreibenden Spiesglanzes nach (283.XIII).

$$A : a = (112,08 - 49,5) . 18 : (127 - 112,08) . 16,85$$
$$= 62,58 . 18 : 14,92 . 16,85$$
$$= \frac{62,58 . 18}{14,92 . 16,85} : 1$$
$$= 4,48 : 1$$

Crawford hat die Hunderttheilchen weggelassen, indessen betragen sie beynahe 0,1.

Auch ist $A : a = 1 : \frac{1}{4,48}$
$$= 1 : 0,2231$$

Crawford hat 1 : 0,22727; den Nutzen, hier die Tausendtheilchen u. s. w. anzugeben, da Cr.

a) Crawford hat 49,1 dies ist aber wohl ein Druckfehler, weil die folgenden Zahlen nicht damit übereinstimmen.

doch die vorhin erwähnten Hunderttheilchen nicht angiebt, sehe ich nicht ein.

Ueberhaupt dürften die specifischen Capacitäten wohl höchstens nur bis auf die Hunderttheilchen (vielleicht wohl das nicht einmal) sicher seyn, wenn man bedenkt, wie viel Ursachen, bey diesen Versuchen einen Mangel an Genauigkeit veranlassen können.

286. Eine der größen Schwürigkeiten ist, eine gleichförmige Vertheilung der Wärme, in den zusammengebrachten Substanzen zu bewürken, zumal wenn sie, wie das gewöhnlich der Fall ist, nach ihren spezifischen Schweren von einander getrennt bleiben. Das Schütteln und Herrumrühren des Gemenges, wird zwar einigermaßen dienen, das Ganze auf eine gleichförmige Temperatur zu bringen, zumal wenn die Volumima der zusammengebrachten Substanzen einander so viel als möglich gleich genommen werden, (welches Crawford vorzüglich empfiehlt,) und übrigens durch mechanische Zertheilung, in möglichste Berührung gebracht worden sind, aber dennoch wird man sehr oft eine beträchtliche Verschiedenheit in dem Resultate eines und desselben, zu wiederholtenmalen angestellten Versuchs, finden, so, daß man sich wohl wird befriedigen kön-

können, wenn man in Bestimmung der Capacitäten höchstens auf Hunderttheilchen rechnen darf.

287. Uebrigens erhellt, daß nach der Voraussetzung (264. XVIII) worauf sich die Formel (283. XIII) doch offenbar gründet, keine Substanzen zusammengebracht oder vermischt werden dürfen, welche chymisch auf einander würken, und dadurch eine Aenderung ihrer Capacität erfahren; denn offenbar findet man durch Mengungen oder Mischungen der Körper von unterschiedenen Temperaturen, nur das Verhältniß, wie sich freye Wärme nach den Capacitäten der zusammengebrachten Substanzen vertheilt. Wenn demnach bey diesem Verfahren auf irgend eine Art eine Formänderung der zusammengebrachten Substanzen entsteht, daß z. E. ein fester Körper, während des Versuchs, flüssig oder gar dampf- und luftförmig würde, oder auch ein flüssiger Körper sich verdichtete, oder fest würde, und dadurch eine Aenderung seiner Capacität erführe, (die vielleicht auch noch überdem mit einer Bindung oder Entbindung von Wärmestoff begleitet seyn könnte,) so würde das aus der Temperatur der Mischung hergeleitete Resultat, in Ansehung des Verhältnisses, wie sich freye Wärme, unter die zusammengebrach-

brachten Substanzen urtheilen würde, sehr von der Wahrheit abweichen, und überhaupt würde die Formel (283. XIII) völlig unbrauchbar seyn, daraus die Verhältnisse der Capacitäten der Körper für die freye Wärme, herzuleiten.

288. So sehr Crawford diese nothwendige Bedingung der ungeänderten Capacitäten während des Versuchs, selbst empfiehlt, so scheint er doch nicht ganz dieser Bedingung getreu geblieben zu seyn, wenn er die Capacitäten verschiedener Körper aus dem Pflanzen- und Thierreiche, z. E. des Waizens, der Gerste, der Bohnen, der Erbsen u. a., durch Mengungen mit Wasser, nach dem vorher beschriebenen Verfahren bestimmt, weil diese Substanzen offenbar in dem Wasser aufquellen, und während des Versuchs einige Aenderung ihrer Form erleiden, wobey man nicht sicher ist, ob nicht einige Aenderung der Capacität vor sich gehe. Eben so lößt das Wasser den gallertartigen Theil animalischer Substanzen auf, wodurch eine Formänderung derselben hervorgebracht, und die Temperatur der Mischung modificirt werden kann. Wiewohl nun, wenn anders die erwähnten Substanzen nicht zu lange in dem Wasser bleiben, mithin der Versuch zu lange dauert, die Formände-

änderung nicht viel betragen mag, so wäre es doch in allen Fällen immer besser, die erwähnten Substanzen nicht unmittelbar mit dem Wasser zusammenzubringen, sondern sie lieber in Gefäße, von bekannter Capacität, einzuschließen, und alles in dem heißen Wasser abzukühlen.

289. Aber freylich müßten solche Gefäße nicht von einem sehr grossen Durchmesser seyn, weil es sonst schwer halten würde, sie mit dem Wasser zu einer gemeinschaftlichen Temperatur zu bringen. Damit man aber doch eine beträchtliche Masse der zu untersuchenden Substanz, mit einer hinlänglichen Quantität Wassers in Vergleichung bringen kann, welches zur Erhaltung genauer Resultate unumgänglich erforderlich ist, und dennoch die Abkühlung möglichst schnell vor sich gehe, so ist es am besten, sich eines Gefäßes zu bedienen, welches dem Wasser so viel Oberfläche, als möglich, darbietet, und dennoch eine beträchtliche Quautität der zu untersuchenden, und mit dem Wasser zu vergleichenden Substanz, in sich zu enthalten vermag.

290. Ein Gefäß, in Form eines cylindrischen Ringes, wäre zu Versuchen dieser Art wohl am geschicktesten. Mit einer gewissen Substanz angefüllt, und in Wasser

getaucht, würde es demselben nicht nur sehr viel Oberfläche darbieten, sondern auch, wenn die Weite dieses Ringes nur einen Zoll betrüge, sehr bald mit dem Wasser zu einer gemeinschaftlichen Temperatur kommen. Die Höhe des Gefäßes kann so groß genommen werden, daß der Inhalt desselben dem Volumen Wassers, in welches es getaucht wird, ohngefähr gleich ist (286). Ein thönernes wohl verglasurtes Gefäß von dieser Art, würde sich nicht nur leicht verfertigen lassen, sondern auch nach dem Kirwanischen Verfahren (283XIV) zu Bestimmung der spezifischen Wärme der sauren und andern Substanzen, welche ein metallenes Gefäß angreifen würden, geschickt seyn. Die Capacität desselben kann nach (283. VIII) bestimmt werden.

Capacität der Luftarten.

291. Vorzügliche Sorgfalt auf Bemerkung aller Umstände, die zu Irrthümern Gelegenheit geben können, erfordern die Capacitäten der Luftarten.

292. Crawford beschreibt sehr umständlich den Apparat, den er nach mehreren Versuchen, für den brauchbarsten dazu befunden hat.

Das

Das Verfahren besteht in der Hauptsache darinn, daß ein Gefäß, dessen Capacität bekannt ist, luftdicht verschlossen wird, daß es mit der darin befindlichen Luft erhitzt, und nun in einer bekannten Portion Wassers abgekühlt wird; wo sich denn aus der Wärme oder Temperatur, die dem Wasser mitgetheilt worden ist, mit Zuziehung der Capacitäten, so wohl des Wassers, als des Gefäßes, worinne es enthalten, so wie desjenigen, worinnen die Luft enthalten ist, endlich die Capacität der Luft bestimmen läßt.

293. Das beschwerlichste hiebey ist, die Masse der in dem Gefäße enthaltenen Luft, genau zu bestimmen, und die Luft so viel als möglich, von wässerichten Dünsten zu befreyen, ehe sie zu dem Versuche angewandt wird. Denn diese würden die Capacität der Luft sehr merklich abändern, oder vielmehr, man würde nicht die Capacität der Luft, abgesondert von ihren fremdartigen Theilen, finden. Wie Crawford hiebey zu Werke gegangen ist, würde hier zu weitläuftig zu beschreiben seyn. Er hat aber alles so deutlich auseinander gesetzt, und den Apparat dazu durch eine Kupfertafel erläutert, daß man in seinem Buche das Verfahren selbst ohne Mühe verstehen wird.

294. Daß sehr empfindliche Thermometer dabey gebraucht werden müssen, bedarf keiner Erinnerung.

Meines Erachtens würden kleine Luftthermometer, dergleichen Pictet (Versuch über das Feuer §. 56.). zu sehr feinem Versuchen empfielt, dabey von Nutzen seyn können.

295. Indessen wird man aber auch bey möglichster Sorgfalt und Bemerkung aller Umständ, meines Erachtens schwerlich auf eine sehr genaue Bestimmurg der Capacitäten der Luftarten rechnen können. Wie verschieden diese Capacitäten von Crawford selbst, in der ersten und zweyten Auflage seines Buches angegeben werden, (da z. E. anfänglich die Capacität der dephlogistisirten Luft zu der des Wassers = 87 : 1 angegeben, nachher aber nur ohngefähr = 4 : 1 gefunden worden ist.) das zeigt hinlänglich, wie sehr man auch noch an der Richtigkeit der neuern Bestimmung zu zweifeln Ursache hat.

Capacität der Wasserdämpfe.

296. Diese läßt sich durch die Zersetzung der Wasserdämpfe, wenn sie mit kalten Wasser in Berührung kommen, finden. Wenn man

man nämlich eine gewisse Portion Wasserdampfs von der Temperatur 212, in eine gewisse Portion kalten Wassers gehen läßt, so wird dieses dadurch erwärmt. Aus der Erhöhung der Temperatur, die es dadurch erfährt, und aus den bekannten Massen Wasserdampfs und Wassers, mit dem sich der Dampf verbindet, kann man die Capacität des Wasserdampfs bestimmen.

297. Gesetzt eine gewisse Portion = M Wasserdampfs, habe die Temperatur T = 212, seine spezifische Capacität sey, vor seiner Zersetzung, = A; die des Wassers = 1, die Masse Wassers mit der er sich verbindet sey = m; die Temperatur derselben, ehe der Wasserdampf sich mit ihr verband, sey = t, nachdem aber der Wasserdampf sich mit ihr verbunden, so sey die Temperatur des Wassers = T

Weil nun der Wasserdampf, wenn er mit dem kalten Wasser in Berührung kommt, sich gleichfalls in tropfbares Wasser verwandelt, so ist seine spezifische Capacität A, nach seiner Zersetzung, der des Wassers gleich, also ebenfalls = 1.

Man setze demnach in die Formel (264. XIII) K = M . A für den Wasserdampf, k = m . 1 für das Wasser, und K = (M + m). A = (M+m)

$(M+m)\,1 = M+m =$ der absoluten Capacität des Wasserdampfes nach seiner Zersetzung

so hat man

$$n+\mathfrak{T} = \frac{MA\,(n+T) + m\,(n+t)}{M+m}$$

woraus

$$A = \frac{M\,(n+\mathfrak{T}) + m\,(\mathfrak{T}-t)}{M\,(n+T)}$$

folgt.

298. Es erhellet hieraus, daß man, um die Capacität des Wasserdampfes zu finden, den Werth von n, aus der Bestimmung des niedrigsten Grades der Wärme, wissen muß. Darf man ihn aus anderweitigen Versuchen mit Körpern, für eine bekannte Grösse ansehen, so hätte es demnach keine Schwürigkeit, solchergestalt die Capacität des Wasserdampfes zu finden.

Die Masse des zersetzten Wasserdampfs zu finden, darf man nur den Zusatz an Gewicht bemerken, den das Wasser, in welchem sich der Dampf zersetzte, durch ihn selbst erhalten hat, welches keine grosse Schwürigkeit haben wird.

299. Hr. de Luc beschreibt (Meteor. S. 173. u. f.) den Apparat, dessen sich Hr. Watt bedient hat, alle zur Bestimmung der Capacität des Wasserdampfs erforderliche Grössen mit der gehörigen Genauigkeit zu erhalten.

300. Das Resultat aus Hrn. Watts Versuchen ist, daß, wenn diejenige Quantität der Wärme, welche der Wasserdampf enthält, einer, dem Gewicht nach, eben so grossen Portion kochenden Wassers zugesetzt werden könnte, ohne daß dasselbe sich in Dunstgestalt verwandelte, die Temperatur dieses Wassers dadurch um 943 Fahrenheitische Grade erhoben werden würde. Daraus folgt denn, daß wenn n nach Fahrenheits Scale $=1408$ (57XV), oder vom Fahrenheitischen Kochpunkte herabgerechnet, $= 1440+212=1652$ gesetzt wird, die Capacität des kochenden Wassers sich zu der des Wasserdampfs, von eben der Temperatur, verhalten müsse wie n zu $n+943$ d. h. wie $1652:2595$ also wie $1:1,56$.

Ueber den niedrigsten Grad der Wärme.

301. Da bey verschiedenen Untersuchungen dieser Grad der Wärme, oder die sich darauf beziehende Grösse n (57XIV) bisher als be-

bekannt angenommen worden ist, so werde ich hier in der Kürze zeigen, wie man ihn durch Versuche finden kann.

302. Man bedient sich am besten dazu, der Mischungen solcher Substanzen, welche chymisch auf einander würken, und also durch eine Aenderung ihrer Capacitäten, eine Aenderung der Temperatur erfahren. Z. E. wenn man Vitriolöl und Wasser, und andere Substanzen, welche eine sensible Wärme oder Kälte hervorbringen, mit einander vermischt. Je grösser und schneller diese Aenderung der Temperatur ist, während die Substanzen auf einander würken, desto sicherer kann man daraus den bisherigen Werth n finden.

303. Da man diese Mischungen allemal in Gefäßen vornimmt, welche von den darin befindlichen Substanzen nicht angegriffen werden müssen; so kann man die Capacität des Gefäßes hierbey als eine constante Grösse betrachten, die vorher durch Versuche bestimmt worden seyn muß.

I. Es seyen demnach die absoluten Capacitäten, der, in einem Gefäße, dessen absolute Capacität ich $= G$ nennen will, zusammengemischten Substanzen, der Ordnung nach $K, k, \varkappa$ ꝛc. ihre Temperaturen vor der Mischung $= T, t, \tau$ u. s. w.

II.

II. Nach der Mischung sey die gemeinschaftliche Temperatur $=\mathfrak{T}$, und die Capacität der Mischung, (die man wieder besonders, wie die einer jeden andern Substanz, bestimmen, und mit dem Wasser vergleichen kann) $=\mathfrak{K}$.

III. Die Temperatur des Gefäßes, ehe die Substanzen hineingebracht werden, sey t. so hat man aus (264. XIII.) die Gleichung

$$n+\mathfrak{T}=\frac{G(n+t)+K(n+T)+k(n+t)+\varkappa(n+\tau)\ \text{rc.}}{G+\mathfrak{K}}$$

also

$$n=\frac{Gt+KT+kt+\varkappa\tau\ \text{rc.}-(\mathfrak{K}+G)\mathfrak{T}}{\mathfrak{K}-K-k-\varkappa\ \text{rc.}}$$

Wären die Temperaturen aller zusammengebrachten Substanzen, vor ihrer Mischung einander gleich, welches am bequemsten für die Ausübung seyn würde, so wäre wegen $T=t=\tau=t$ rc.

$$n=\frac{(G+K+k+\varkappa)\,T-(\mathfrak{K}+G)\,\mathfrak{T}}{\mathfrak{K}-K-k-\varkappa}$$

die absoluten Capacitäten K, k, $\varkappa$ u. s. w. bestimmen sich in dieser Formel, aus den Massen der zusammengebrachten Substanzen und ihren spezifischen Capacitäten (264. I).

304.

304. Hr. Gadolin hat auf diese Art (Abh. der schwed. Ac. d. Wissenschaften, (1784) und Crawford S. 355 der Uebers.) eine Menge von Versuchen angestellt, um daraus den Werth von n zu finden.

Zuerst stellt er Versuche über das Schmelzen des Schnees an, dessen spezifische Capacität er $=0,9$ (die des Wassers $=1$ gesetzt) annimmt, und leitet daraus den Werth von n her.

Zur Erläuterung will ich hier eines seiner Beyspiele aus einander setzen.

Eine Masse Schnee $= M = 8$ Loth, von der Temperatur $T = -2,5$ (Cels.) wurde in einem Gefäße, dessen absolute Capacität $G = 0,7$, und Temperatur $t =$ der des Schnees, also auch $= -2,5$ war, mit $m = 12$ Lothen Wassers von der Temperatur $t = 73,59$ Grad vermischt.

Die Temperatur der Mischung, nachdem nämlich der Schnee geschmolzen, war $\mathfrak{T} = 10,83$.

Die Mischung besteht in Wasser, dessen Masse $M + m = 20$. Weil nun die spezifische Capacität des Schnees $A = 0,9$; des Wassers $a = 1$; so hat man

I Für

I. Für den Schnee

$K = MA$ (264. I.) $= 8 \cdot 0,9 = 7,2$ und
$KT = - 7,2 \cdot 2,5 = - 18.$

II. Für das Wasser

$k = m.a = 12$ und $kt = 12 \cdot 73,59$
$= + 883,08.$

III. Für das Gefäß

$G = 0,7$ und $Gt = - 0,7 \cdot 2,5 = - 1,75.$

IV. Für die geschmolzene oder gemischte Masse

$\mathfrak{K} = (M+m)\,a = 8 + 12 = 20$ und
$\mathfrak{K}\mathfrak{T} = 20 \cdot 10,83 = +216,60$
Auch ist $G\mathfrak{T} = 7,581$ also
$(\mathfrak{K}+G)\,\mathfrak{T} = 216,60 + 7,581 = +224,181.$

Diese Werthe in obige Formel substituirt geben

$n = \frac{639,04}{0,8} = 798,8$ wofür Hr. Gadolin 799 setzt.

305. Auf diese Art sind die Versuche mit anderen Portionen Schnees und Wassers wiederholt worden, welche sämmtlich sehr nahe für n den Werth 800 (Cels.) geben.

306. Will man diesen aus dem Schmelzen des Schnees hergeleiteten Werth von n,

 als

als richtig annehmen, so läßt sich daraus umgekehrt bey Mischungen anderer Substanzen, die Capacität der Mischung finden.

Aus (303. III) wird nämlich

$$\mathfrak{K} = \frac{Gt + K.T + kt \text{ꝛc.} - G\mathfrak{T} - (K + k \text{ ꝛc.})n}{\mathfrak{T} + n}$$

Findet sich demnach, unter der Voraussetzung n = 800, die berechnete Capacität $\mathfrak{K}$ der Mischung, mit der beobachteten übereinstimmend, so dient dies umgekehrt zum Beweise, daß der aus dem Schmelzen des Schnees hergeleitete Werth von n, auch bey Mischungen anderer Substanzen zum Grunde gelegt werden könne, und demnach allgemein einen und denselben constanten Werth habe, die zemischte Substanzen mögen seyn, welche man will.

307. Hr. Gadolin hat auf diese Art durch Mischungen von Vitriolöl und Wasser in unterschiedenen Verhältnissen, durch Salzauflösungen u. dergl. den Werth von n zu bestätigen gesucht, und gefunden, daß die beobachtete Capacität einer Mischung meistens ohne grossen Fehler mit der berechneten, unter der Voraussetzung n = 800, übereinstimme.

308. Freylich gesteht er, daß besonders in den Fällen, wo durch Mischungen keine

sehr

sehr beträchtliche Aenderung der Temperatur erfolgt, wie z. B. wenn Küchensalz und Wasser einander auflösen, die beobachtete Capacität der Mischung mit der berechneten, auch ohne grossen Fehler, noch übereinstimme, wenn man für n überhaupt nur eine grosse Zahl setze, ja, daß nicht einmal ein Fehler von zwey bis drey tausend Theilchen entstehe, wenn für n selbst eine unendlich grosse Zahl gesetzt würde, und daß man daher durch solche Mischungen auf keine sichere Bestätigung des Werthes von n rechnen dürfe, wenn man nicht im Stande sey, die Capacitäten mit äusserster Genauigkeit zu bestimmen, welches aber bey so feinen Untersuchungen, und bey der Menge von Irrthümern, die dabey vorfallen können, wohl schwerlich der Fall seyn möchte.

Also könne man nur aus solchen Versuchen, bey denen eine beträchtliche Temperaturänderung der zusammengebrachten Substanzen erfolge, etwas Sicheres zur Bestätigung des Werthes von n herleiten.

309. Dies ist der Fall bey Mischungen von Vitriolsäure und Wasser. Indessen sind hiebey auch wieder sehr viele Veranlassungen zu Irrthümern, auf welche Rücksicht genommen werden muß. Vitriolöl und Wasser, er-

halten nämlich nicht in dem ersten Augenblicke, da man sie zusammenbringt, das Maximum ihrer Hitze, sondern die Aenderung ihrer Capacität geschieht langsam, und die Temperatur der Mischung nimmt nur allmählig zu. Während dem geht denn immer sehr viel Wärme durch Mittheilung in die Luft über, und es hält ziemlich schwer, die richtige Temperatur der Mischung zu schätzen, für den Fall, wenn alle Wärme in ihr geblieben wäre.

310. Man muß also aus anderweitigen Untersuchungen schon wissen, was in dieser Rücksicht für Berichtigungen vorgenommen werden müssen. Man muß das Gesetz wissen, nach welchen sich die Wärme des Gemisches der Luft mittheilt, und zuvor bestimmt haben, wie viel die Aenderung der Temperatur in einer kalten Luft, von Minute zu Minute betragen könne. Man muß hiebey diejenigen Untersuchungen zu Rathe ziehen, welche Lambert in seiner Pyrometrie (§. 249 rc.) angestellt hat, und von denen ich in der Folge reden werde. Allein demohngeachtet ist leicht zu erachten, wie viel kleine Umstände hier dennoch zur Irrung beytragen können, zumal wenn auch noch diejenigen unvermeidlichen Fehler in Betrachtung kommen, welche mit der Beob-

achtung

achtung der Capacitäten der zusammengebrachten Substanzen, vor und nach ihrer Mischung, noch besonders verknüpft sind.

311. Indessen zeigten sich nach Hrn. Gadolins Versuchen, und nach Erwägung aller Umstände, in den berechneten und beobachteten Capacitäten der Mischungen aus Vitriolsäure und Wasser, unter der Voraussetzung von n = 800, dennoch keine größere Unterschiede, als solche, welche unvermeidlichen Fehlern der Beobachtung zugeschrieben werden können, und Hr. Gadolin schließt also daraus, daß der Punkt des schwedischen Thermometers, welcher der Beraubung aller Wärme entsprechen würde, also der niedrigste Grad der Wärme, ohne erheblichen Fehler, auf den 800 Grad unter Celsius Null angenommen werden könne.

312. Ich habe einige von Hrn. Gadolins Beobachtungen berechnet, und z. E. n = 400 gesetzt. Ich fand, daß auch alsdann einige b e r e c h n e t e n Capacitäten noch immer n u r i n H u n d e r t t h e i l c h e n von den b e o b a c h t e t e n unterschieden waren. Eben so auch, wenn ich n merklich größer als 800 annahm.

313. Ich behaupte demnach, daß wenn Herr Gadolin in Bestimmung der Capacitäten, nicht wenigstens genau bis auf Hunderttheil-

chen rechnen kann, und das möchte wohl schwer zu erwarten seyn, auch seine Schlußfolge nicht so ganz richtig seyn möchte, daß der Werth von n so ganz für eine unveränderliche Größe, bey Mischungen solcher Substanzen, welche chemisch auf einander würken, angenommen werden dürfe. Es wird demnach auch die Voraussetzung (264. XI), worauf sich die Formel (303. III) gründet, daß nämlich alle Wärme, oder Kälte, bey Auflösungen, Mischungen u. dgl. nur allein von einer Aenderung der Capacitäten herrühre, und keine eigentliche chemische Bindung, oder Entbindung von Wärmestoff, dabey statt finde, noch immer mehrerer Bestättigung durch sehr genaue Versuche bedürfen.

314. Da indessen den bisherigen Beobachtungen, so genau man sie hat anstellen können, doch auch eine Genüge geschieht, wenn man n constant und = 800 setzt, so wird man sich auch immer einstweilen mit derjeni- Theorie begnügen können, nach der die Entstehung empfindbarer Wärme oder Kälte bey Mischungen, nur allein von den geänderten Capacitäten der Körper für den freyen Wärmestoff, herrühren soll.

Hrn.

Hrn. Lavoisiers Verfahren die spezifische Wärme der Körper zu finden.

315. Das bisherige schreibt man gewöhnlich Crawforden, und die Formel dazu, Hrn. Irwine zu.

316. Allein im Wesentlichen steht das ganze Verfahren, zumal das Kirwanische (283. XIV) bereits in 304 u. f. §§. der Lambertischen Pyrometrie, nur mit dem Unterschiede, daß Lambert daselbst, die Quantitäten der Wärme, in gleichen Räumen, und nicht, wie Crawford, in gleichen Massen, bestimmt. Hr. Lambert fand solchergestalt daß z. E. sich die Mengen der Feuertheilchen, in gleichen Räumen, Quecksilbers, Weingeistes und Wassers bey gleicher Temperatur sich wie 4 : 6 : 7 verhalten, woraus sich leicht finden würde, wie sich diese Quantitäten in gleichen Massen dieser Substanzen verhalten würden. Zugleich erinnert Lambert, daß bereits auch Boerhaave dergleichen Versuche angestellt habe.

317. Das Verfahren, dessen sich Hr. Lavoisier bedient, die spezifische Wärme der Körper zu finden, welches eigentlich schon Wilke vorschlug, aber wegen der damit verknüpften Schwürigkeiten, wieder

 auf-

aufgab, besteht darinn, daß man Körper bis auf gewisse Temperaturen erhitzt, und darauf die verschiedenen Quantitäten Eises bestimmt, die jeder dieser Körper zu schmelzen im Stande ist.

318. Man gedenke sich, sagt Lavoisier, in einer Luft, deren Temperatur über Null steht, eine dicke hohle Eiskugel, von der Temperatur Null, in welche man einen erhitzten Körper hineinstelle.

Hier würden nun gewisse Quantitäten Eises sowohl an der äussern als innern Oberfläche dieser Kugel abschmelzen. Die Lage Eises, welche von der äussern Oberfläche abschmelzt, würde aber nur allein, von der Wärme des äussern Mittels herrühren, in welchem diese Eiskugel sich befindet. Denn von dem innen befindlichen heißen Körper kann keine Wärme bis zur äussern Oberfläche der Kugel gelangen, weil sie dazu verwandt wird, eine gewisse Portion Eises an der innern Oberfläche zu schmelzen, oder in eiskaltes Wasser zu verwandeln, und so kann auch umgekehrt, der innere Raum der Kugel im geringsten nicht durch die Temperatur der äussern Luft, afficirt werden. Die Wärme des Dunstkreises bleibt gleichsam ganz an der Oberfläche der Eiskugel haften, schmelzt

da-

daselbst eine Lage Eis, würkt aber nicht auf den innern Raum der Kugel, weil das geschmolzene Wasser die Temperatur des Eises selbst hat. Also wird das von der innern Oberfläche abschmelzende Eis nur allein ein Erfolg des im innern Raume der Kugel befindlichen heißen Körpers seyn.

Kann man daher dieses innen abgeschmolzene Eiswasser messen, und aufsammlen, und setzt man, daß der innere Körper bis zur Temperatur o abgekühlt sey, so wird die gesammte Quantität des von der innern Oberfläche abgeschmolzenen Eises, in dem Verhältnisse der Wärme stehen, welche der innere Körper, von seiner anfänglichen Temperatur, bis zur Abkühlung auf o, abgesetzt, und dem Eise mitgetheilt hat, um es in eiskaltes Wasser zu verwandeln.

319. Gedenkt man sich hierauf eben diesen Versuch mit einem andern Körper angestellt, so wird man auf eine ähnliche Art, bis zu seiner Abkühlung auf Null, die verhältnißmässige Quantität seiner abgesetzten Wärme messen und bestimmen können.

Hieraus läßt sich das Verhältniß der spezifischen Wärmen zweyer Körper, durch die Quantitäten Eises, die jeder abschmilzt, auf folgende Art finden.

I. Gesetzt, ein Körper habe eine Masse $= M$, Temperatur $= T$, und spezifische Wärme $= A$.

So ist die Quantität der Wärme, die er bey der Temperatur T enthält, $= MA(n + T)$ und die er bey der Temperatur o enthalten würde $= M.A.n$.

II. Um also von der Temperatur T bis auf die Temperatur Null abzukühlen, muß er eine Quantität Wärme

$$= MA(n + T) - MAn = MAT$$

verlieren.

III. Eben so wird ein anderer Körper, dessen Masse $= m$, spezifische Wärme $= a$, und Temperatur $= t$ ist, um von dieser Temperatur t bis auf Null abzukühlen, die Quantität der Wärme $= mat$, absetzen müssen.

IV. Diese Quantitäten der Wärme, welche jeder Körper, um von seiner Temperatur, bis zum Null zu kommen, absetzt, werden nun in dem Verhältnisse der Quantitäten Eises, die jeder Körper in obiger Eiskugel abschmelzen würde, stehen müssen.

V. Ist demnach die Menge des zergangenen Eises, nach der Abkühlung des ersten Körpers $= F$; des letztern aber $= f$, so hat man

man F : f = MAT : mat, also das Verhältniß der spezifischen Wärmen der Körper

$$A:a = \frac{F}{MT} : \frac{f}{mt}$$

VI. Weil MA = K und ma = k (264. l) so hat man auch für das Verhältniß der absoluten Capacitäten, aus F : f = KT : kt die Proportion

$$K:k = \frac{F}{T} : \frac{f}{t}$$

320. Es kommt demnach blos auf einen schicklichen Apparat an, die Menge des von jedem in die Eiskugel hinein gebrachten Körper, bis zu seiner Abkühlung, geschmolzenen Eises aufzufangen und zu messen.

321. Man begreift, daß die bisherige Eiskugel nur zur Erläuterung der Theorie dieses Verfahrens gebraucht worden ist. Man kann sich aber leicht einen Apparat gedenken, welcher die Stelle obgedachter Eiskugel vertritt.

322. Herrn Lavoisiers Apparat besteht aus einem hohlen blechenen Cylinder, der innen durch zwey Scheidewände, in drey concentrische Fächer eingetheilt ist.

Das innere Fach stellt blos einen Korb von Eisendrat vor, der auf einigen Unterlagen

gen ruht, oder auf eine andere beliebige Art befestigt seyn kann. Dieser Korb läßt sich mit einem durchlöcherten Deckel schließen, welcher mit Schnee oder gestossenem Eise bedeckt werden kann, welches beym Schmelzen durch diese Löcher abfließt. In diesen Korb kommt derjenige Körper hinein, mit welchem man den Versuch anstellen will.

In das mittlere Fach, welches aber mit dem äussern nicht die geringste Communication haben muß, kommt ebenfalls gestossenes Eis hinein, welches der in obigem Korbe befindliche heise Körper schmelzen soll. Dies Eis, in Verbindung mit dem auf dem Deckel des Korbs, umgiebt den ganzen Korb dergestalt, daß der innen befindliche Körper gleichsam wie mit einer Eiskugel umschlossen ist. Unten ist eine durchlöcherte Platte, durch welche das geschmolzene Eis längs einer kegelförmigen Höhlung herabfliessen, und daselbst vermittelst eines Hahnes abgezapft werden kann.

Das äussere Fach ist endlich für das Eis bestimmt, welches das im mittlern Fache befindliche, vor der Temperatur der äussern Luft schützen soll. Der ganze Apparat wird mit einem derb anschliessenden Deckel verschlossen, welcher ebenfalls mit Eis bedeckt

wer-

werden kann. Das Eis, welches in dem äussern Fache durch die Temperatur der Luft etwa schmelzen sollte, kann besonders durch einen Hahnen abgezapft werden. Alles ist von weisem Eisenbleche, welches, um den Rost zu verhüten, mit Oelfarbe angestrichen ist.

323. Solchergestalt wird also alles Eis, was in dem mittlern Fache schmelzt, nur allein von dem im Korbe befindlichen Körper herrühren; was durch die Temperatur der äussern Luft schmelzen würde, kann nicht zu dem innern Wasser gelangen, weil ich annehme, daß alle Communication des mittlern und äussern Faches auf das genaueste verschlossen ist.

324. Dies ist in der Kürze nur die Uebersicht des Lavoisierischen Verfahrens, die spezifischen Wärmen der Körper zu finden. Das Detail des Apparats, so wie die Vorsichten bey der Ausübung dieses Verfahrens, muß man in Hrn. L. Abhandlung (man s. dessen physisch-chemische Schriften 2. Band) selbst nachlesen.

325. Ich habe mir diesen Apparat verfertigen lassen, und kann versichern, daß ich ihn, bis auf einige Unbequemlichkeiten, seinem Zwecke ziemlich entsprechend finde. Ich ließ unter-

unterschiedenemale einerley Gefäß voll kochenden Wassers in den Apparat hineinbringen, und es bis zur Temperatur Null abkühlen. Ich wog die jedesmal erhaltene Quantität zergangenen Eises, und fand keinen Unterschied, der mehr als $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{55}$ des Ganzen betragen hätte.

326. Man könnte nämlich glauben, daß, da an dem Eise allemal eine gewisse Menge Wassers hängen bleibt, bey einem solchen Versuche nie die richtige Menge des durch den heißen Körper geschmolzenen Eises bestimmt werden könnte. Allein es ist zu bemerken, daß, ehe man den Versuch anstellt, das Eis allemal schon vorher mit so vielen eiskaltem Wasser getränkt worden seyn muß, daß es gleichsam ganz damit gesättigt ist, und daß nur alsdann erst, wenn das überflüssige Wasser völlig durch den Hahn abgezapft, die Maschine also gut ausgeleckt worden ist, der heise Körper in sie hineingebracht wird. Dies Auslecken der Maschine auf eine geschickte Art zu bewerkstelligen, erfordert einige Uebung und Sorgfalt, die die Ausübung selbst an die Hand giebt. Es beruht vieles mit darauf, daß das Eis in dem innern Fache der Maschine recht gut ausgetheilt, nicht zu grob gekörnt, und etwas fest zusammengedrückt ist.

Den

Den Versuch stellt man in einem Zimmer an, dessen Temperatur etwa einige Grade über den Gefrierpunkt beträgt.

327. Flüssige Materien werden in besondere Gefäße eingesperrt, und in den Korb gebracht. Es ist klar, daß man in diesem Falle auch durch einen besondern Versuch vorher die eigenthümliche Wärme des Gefäßes durch die Quantität Eises, die es bey einer gewissen Temperatur schmelzen würde, bestimmt haben muß, um zu finden, wie viel geschmolzenes Eis, eigentlich nur der in dem Gefäße enthaltenen Substanz zuzuschreiben ist. Wer Versuche dieser Art anstellen will, wird die dazu nöthige Formel leicht finden.

328. Ich würde jedoch zu Versuchen, über die eigenthümlichen Wärmen der Körper, mich immer lieber des Crawfordischen, oder noch besser des Kirwanischen Verfahrens (§. 283. XIV.) bedienen. Der Lavoisierische Apparat ist zu groß und zu weitläuftig, und erfordert ziemlich große Portionen der zu untersuchenden Substanzen, um beträchtliche Quantitäten geschmolzenen Eises zu erhalten, welches zur Richtigkeit der daraus zu ziehenden Resultate vieles beyträgt. Auch ist dies bey L. Verfahren unbequem, daß man oft 5 ja mehrere Stunden warten muß, bis der in den Apparat gebrachte

brachte Körper völlig abgekühlt worden ist, und daß daher in einem Tage nicht viele Versuche angestellt werden können. Ueberhaupt ist die Vorbereitung zu diesen Versuchen, immer sehr viel weitläuftiger, als bey dem gewöhnlichen Verfahren.

329. Indessen giebt es Fälle, wobey vielleicht des L. Verfahren eine grössere Genauigkeit als das Crowfordische verstattet. Z. E. wenn diejenige Quantität empfindbarer Wärme zu bestimmen ist, welche bey Mischungen solcher Körper, welche chymisch auf einander würken, hervorgebracht wird, zumal, wenn, wie bey Mischungen von Vitriolöl und Wasser, die empfindbare Wärme nur langsam entsteht (309.), und also während des Versuchs nach Crawfords Verfahren, immer ein beträchtlicher Theil derselben sich der Luft mittheilt, welche wieder besonders in Rechnung gebracht werden muß. Bey L. Verfahren, kann keine entstandene Wärme, in einen andern Körper als in das umgebende Eis übergehen, und die Quantität des geschmolzenen Eises bestimmt hier, ohne mühsame Correction, die gesamte Menge der in solchen Fällen entstandenen empfindbaren Wärme.

330. Auch würde es in Fällen zu gebrauchen seyn, wo kein andres Verfahren bequem anzuwenden wäre. Z. E. wenn die Menge empfindbarer Wärme beym Brennen, beym Athmen u. d. gl. bestimmt werden sollte, zu welchem Behufe Hr. Lavoisier seinem Apparate noch einige Stücke beygefügt hat, die aber hier ohne Abbildung nicht verständlich seyn würden.

331. Ueberhaupt giebt L. Verfahren, die Quantitäten der Wärme auf eine ungleich directere Art, als jedes andere, und wenn man Mühe und Zeitverlust nicht achten will, so verdient es in der Ausübung immer einen vorzüglichen Rang.

332. I. Nach Hrn. Lavoisiers Versuchen schmelzt diejenige Quantität der Wärme, welche aus einer gewissen Portion Wassers = M entweicht, wenn sie von 60 Reaumürschen Graden bis auf Null erkaltet, eine dem Gewicht nach eben so große Portion Eis.

Hieraus läßt sich finden, wie viel Eis schmelzen würde, wenn eine Masse Wassers = M von einer andern Temperatur T bis auf Null, erkalten sollte.

Man würde nämlich schliessen

60 : T = M: zur vierten Zahl

P d. h.

d. h. die Quantität Wärme, welche aus M ℔ Pfunden Wassers entweicht, um es von der Temperatur T bis auf o abzukühlen, würde eine Menge Eis $= \frac{MT}{60}$ ℔ schmelzen.

333. II. Hätte man statt M Pfunde Wassers, eine eben so große Quantität eines andern Stoffs, dessen spezifische Wärme sich zu der des Wassers $= A : 1$ verhielte, so würde, wie sich leicht einsehen läßt, die Quantität der Wärme, welche aus den M Pfunden dieses Stoffes entwiche, damit derselbe von der Temperatur T bis auf Null erkalte, eine Quantität Eis $= \frac{AM.T}{60}$ schmelzen müssen.

III. Man stelle sich vor, die gesammte Wärme, welche in eben gedachten Stoffe von der Temperatur T bis zum absoluten o, oder bis zum Punkte der gänzlichen Beraubung aller Wärme, enthalten ist, könnte aus gedachtem Stoffe entweichen und in Eis überströmen, so würde, weil von jener Temperatur T bis zum absoluten Null, T + n Grade herabgehn, die ge-

gesammte Quantität Eis, welche durch jene Quantität Wärme schmelzen könnte

$$=\frac{MA(T+n)}{60}$$ seyn.

Diese Sätze dienen zu nächst folgender Aufgabe.

Nach Hrn. Lavoisiers Verfahren den niedrigsten Grad der Wärme zu finden.

334. I. Die Masse M eines Stoffes, dessen spezifische Wärme = A (333. II) und Temperatur = T, werde mit der Masse m eines andern Stoffes, welcher auf erstern chymisch würke, und dessen spezifische Wärme = a sey, unter eben der Temperatur T vermischt.

II. Die Mischungen geschehen in einem Gefässe von eben der Temperatur, dessen Masse = μ und spezifische Wärme = α sey.

III. Beyde Stoffe (I) sollen sich mit einander erhitzen, (wie z. E. Vitriolöl und Wasser). Wenn das Gemische nun in dem Lavoisierischen Apparate bis auf Null (Reaumur) abgekühlt worden, so sey durch das Gefäß, und durch die in dem Gemische entstandene fühlbare Wärme, zusammen eine Masse Eis = F geschmolzen.

III. Die spezifische Wärme der Mischung sey =A. Man kann sie durch Lavoisiers Verfahren (319. V.) besonders bestimmen.

IV. Der gesuchte niedrigste Grad der Wärme sey n.

V. Wenn nun durch die Mischung beyder Stoffe, keine Wärme chemisch gebunden oder entbunden wird, also die Quantität freyer Wärme, nach der Verbindung beyder Stoffe, dieselbe als zuvor ist, so wird auch die Menge Eises, die das Gemisch schmelzen wird, um von der Temperatur, auf die es sich erhitzte, (III) bis zum absoluten Null zu erkalten, denjenigen Quantitäten Eises zusammen genommen gleich seyn, welche alle zusammengebrachte Stoffe, vor ihrer Vereinigung, von ihrer Temperatur bis zum absoluten Null für sich allein schmelzen würden.

VI. Nun aber ist die Masse Eis die das Gemisch (mit Innbegriff des Gefäßes) schmelzt, um bis zur Temperatur Null in dem Lavoisierischen Apparate abzukühlen, = F (III)

Von der Temperatur Null, bis zum absoluten Null, würde das Gemisch eine Masse Eis $= \frac{(M + m) A.}{60} n$, und das Gefäß eine Masse Eis $= \frac{\mu \alpha n}{60}$ schmelzen.

VII.

VII. Also ist die gesammte Menge Eises, die durch die Mischung (mit Innbegriff des Gefäßes) schmelzen würde

$$=\frac{(M+n)\mathfrak{A}.n+\mu\alpha n}{60}+\mathfrak{F}.$$

VIII. Jeder Stoff (I) würde für sich allein, eine Quantität Eis $=\frac{MA(n+T)}{60}$, und $\frac{ma(n+T)}{60}$, also, mit Inbegriff des Gefäßes (dessen Temperatur, ehe beyde Stoffe in demselben gemischt wurden, ebenfalls $=T$ ist) zusammen eine Quantität Eises

$$=\frac{(MA+ma+\mu\alpha)(n+T)}{60}$$ schmelzen.

IX. Dies giebt demnach für die drey zusammengebrachten Körper nach (VII. VIII.) die Gleichung $\frac{(M+m)\mathfrak{A}n+\mu\alpha n}{60}+\mathfrak{F}=$

$$=\frac{(MA+ma+\mu\alpha n)(n+T)}{60}$$

oder

$$(M+n)\mathfrak{A}n+60\mathfrak{F}=(MA+ma)(n+T)+\mu\alpha T$$

daraus folgt

$$n=\frac{60\mathfrak{F}-(MA+ma+\mu\alpha)T}{M(A-\mathfrak{A})-m(\mathfrak{a}-a)}$$

X. Am bequemsten wäre es die (I) erwähnten Größen, unter der Temperatur Null zusammen zu bringen. Dann wäre in unserer Formel T=0, mithin ohngleich einfacher

$$n = \frac{60 . \mathfrak{F}}{M(A - \mathfrak{A}) m - (\mathfrak{A} - a)}.$$

XI. In diesem Falle würden also auch alle Grössen, welche auf das Gefäß Bezug haben, wegfallen, wovon der Grund sehr leicht einzusehen ist. Der Werth von $\mathfrak{F}$ würde alsdann auch nur blos der Wärme zuzuschreiben seyn, um die sich das Gemisch, von der ursprünglichen Temperatur der zusammengebrachten Stoffe erhitzte.

Ueber den Grad der Genauigkeit, mit dem sich der Werth von n finden läßt.

335. I. Wenn man in dem Ausdrucke (334. X), auf beyden Seiten Logarithmen nimmt, so ist $\log n = \log 60\ \mathfrak{F} - \log (M(A - \mathfrak{A}) - m(\mathfrak{A} - a))$

also wenn man differentiirt,

$$\frac{dn}{n} = \frac{60 d\mathfrak{F}}{\mathfrak{F}} - \frac{M(dA - d\mathfrak{A}) - m(d\mathfrak{A} - da)}{M(A - \mathfrak{A}) - m(\mathfrak{A} - a)}$$

II. Die-

II. Dieser Werth von $\frac{dn}{n}$ drückt also aus, in welchem Verhältnisse zum Werthe von n selbst die Aenderung desselben dn stehe, wenn die spezifisch en Wärmen A, 𝔄, a, etwas fehlerhaft bestimmt wären.

III. Beyspiel. Gesetzt die zusammengemischten Massen seyen einander gleich, also M = m so wird

$$\frac{dn}{n} = \frac{60 dF}{F} - \frac{dA - da - 2d\mathfrak{A}}{A - a - 2\mathfrak{A}}$$

IV. Gesetzt nun, man könne in der Bestimmung der Menge des Eises F, welches von der zusammengemischten Masse geschmolzen wird, höchstens auf $\frac{1}{50}$ des Ganzen sicher seyn, und die spezifischen Wärmen A, a, 𝔄, ließen sich nach Lavoisiers Verfahren auch nur höchstens auf $\frac{1}{50}$ des Ganzen sicher angeben, so wäre in unserer Formel

$$dF = \tfrac{1}{50} F$$
$$dA = \tfrac{1}{50} A$$
$$da = \tfrac{1}{50} a$$
$$d\mathfrak{A} = \tfrac{1}{50} \mathfrak{A}$$

dies giebt

$$\frac{dn}{n} = \frac{60}{50} - \frac{1}{50} = \frac{59}{50}$$

also

$$dn = \frac{59}{50} n$$

d. h. der Fehler dn, den man in der Bestimmung des Werthes von n begehen könnte, würde $\frac{59}{50}$ des Werthes n selbst betragen, d. h. er könnte $= n + \frac{9}{50} n$, also mehr als n selbst, betragen

V. Hieraus folgt denn, daß die Werthe von n, aus Lavoisiers Versuchen gezogen, sehr unsicher ausfallen werden, und also auch aus solchen Versuchen, eben so wenig etwas gewisses in Ansehung der Frage: ob Wärmestoff würklich eine chemische Vereinigung mit Körpern eingehe, geschlossen werden könne, als aus den Versuchen, welche Hr. Gadolin, auf einem andern Wege (301), in Ansehung dieser Frage, angestellt hat, so lange man nicht in der Bestimmung der spezifischen Wärmen, eine grössere Genauigkeit, als $\frac{1}{50}$ des Ganzen, hoffen darf, welches aber aus mehrern Gründen wohl schwerlich zu erwarten seyn dürfte.

336 Hr. Lavoisier hat einige dergleichen Versuche angestellt, um den niedrigsten Grad der Wärme zu finden. Aber die Resultate sind sämmtlich so verschieden ausgefallen, daß Hr. Lavoisier selbst gesteht, man könne daraus in Ansehung der obigen Frage nichts folgern, weil unver-

unvermeidliche kleine Fehler in Bestimmung der spezifischen Wärmen, vollkommen hinreichend seyen, die gedachten Unterschiede in dem Werthe von n hervorzubringen.

So findet er z. E. einmal, aus der Mischung von 4 Theilen Vitriolöl und 3 Theilen Wassers, den Werth von n = 3241 Reaum. Grade unter dem Eispunkt. Ein anderesmal, bey der Mischung von Vitriolöl und Wasser in dem Verhältnisse 4:5, den Werth von n = 1169. Aus Versuchen mit ungelöschten Kalch und Wasser, den Werth von n = 1538, und bey der Mischung von Salpetersäure und ungelöschten Kalche, n sogar negativ.

Indessen nimmt er n wenigstens zu 600 Reaumurschen Graden an, und glaubt, man dürfe ihn nicht leicht kleiner setzen, man müßte denn bey den Versuchen grössere Irrungen annehmen, als deren sie fähig seyen. Doch meint er, aus einigen Versuchen, über die Auflösungen des Salpeters und Kochsalzes, wodurch Kälte bewürkt wird, mit einiger Wahrscheinlichkeit schließen zu dürfen, daß der Werth von n nicht so ganz für eine constante Grösse angenommen werden dürfte.

Erkältungsgesetze der Körper. Wärmeleitende Kraft derselben u. s. w.

337. Wenn ein warmer Körper von einem kältern berührt wird, so theilt er diesem so lange Wärme mit, bis ein Gleichgewicht der Wärme zwischen beyden erreicht ist.

338. Diese Mittheilung der Wärme geht desto schneller von statten, je grösser die Flächen sind, mit denen beyde Körper einander berühren. Ist der wärmere Körper von dem kältern ganz umgeben, so wird er seine Wärme schneller verlieren, als wenn ihn der kältere nur zum Theil berührt. So wird ein Stück Eisen in Wasser eher warm, oder kalt, wenn es ganz in demselben eingetaucht ist, als wenn es zum Theil aus demselben hervorragte.

339. Die Gesetze dieser Mittheilung der Wärme unter zwey oder mehrere Körper, die einander entweder ganz, oder zum Theil berühren, hat Hr. Lambert in seiner Pyrometrie §. 249 ꝛc. sehr schön entwickelt, und dabey den Grundsatz festgesetzt, daß die Wärme, die ein Körper, durch Mittheilung an einen andern, in einem jeden Zeittheilchen verliert, sich wie der jedesmalige Ueberschuß seiner eigenen Wärme über diejenige des Körpers

oder

oder Mittels, dem er sie mittheilt, verhalte, woraus denn sehr leicht folgt, daß der jedesmalige Ueberschuß seiner Wärme über diejenige des Mittels, welches ihm die Wärme entzieht, in gleichen Zeiträumen, nach einer geometrischen Progression abnehme, dergestalt, daß wenn dieser Ueberschuß zu Anfange einer gewissen Zeit, (z. E. einer Minute) $= u$, zu Ende derselben aber nur noch $= \frac{1}{e} u$ wäre, er nach Verfluß von 2 Minuten nur noch $= \left(\frac{1}{e}\right)^2 . u$, nach 3 Minuten $= \left(\frac{1}{e}\right)^3 . u$ und so nach Verfluß von ϕ Minuten nur noch $w = \left(\frac{1}{e}\right)^{\phi} . u$ seyn würde.

340. Man sieht hieraus, daß die Geschwindigkeit der Erkältung eines Körpers in gleichen Zeiten, von der Beschaffenheit des Exponenten der geometrischen Progression

$$u; \frac{1}{e} u; \left(\frac{1}{e}\right)^2 . u \text{ u. s. w.}$$

abhängen wird. Je kleiner dieser Erkältungsexponent $\frac{1}{e}$ ist, desto schneller nimmt jene Reihe, und folglich auch die Wärme des Körpers, in gleichen Zeittheilen ab.

341. Ge=

341. Gesetzt, ein Körper A sey z. E. u = 80 Grade wärmer, als das ihn umgebende Mittel, und am Ende der ersten Minute, sey er nur noch 70 Grade wärmer, so wäre $\frac{1}{e}$ u = 70 mithin der Erkältungsexponent $\frac{1}{e} = \frac{70}{80} = \frac{7}{8}$. Hätte man nun auf eine ähnliche Art, für einen andern Körper B den Erkältungsexponenten am Ende der ersten Minute = $\frac{3}{4}$ gefunden; so würde A nach Verfluß von 10 Minuten nur noch $(\frac{7}{8})^{10} . 80$ Grade, oder (durch Logarithmen) 21 Grade wärmer seyn, als das ihn umgebende Mittel; B hingegen würde nur noch $(\frac{3}{4})^{10} . 80 = 4/5$ Grade wärmer seyn, mithin seine Wärme viel schneller als A verlieren.

342. Da die Formel $w = \left(\frac{1}{e}\right)^{\Phi} . u$ nur den jedesmaligen Ueberschuß der Wärme des Körpers, über die Wärme des ihn umgebenden Mittels ausdrückt, so kann die Wärme des Körpers selbst, in jeder folgenden Minute nicht gefunden werden, wenn man nicht die Wärme des ihn umgebenden Mittels weiß. Es sey des Körpers Wärme, zu Anfange der Zeit t = Y die des ihn umgebenden Mittels = Z,

$= Z$, nach Verfluß der ϕ fachen Zeit die Wärme des erstern $= y$, des letztern $= z$, so hat man $u = Y - Z$ und $w = y - z$, mithin

$$y - z = (Y - Z)\left(\frac{1}{e}\right)^{\phi}$$

also die Wärme des Körpers selbst oder

$$y = z + (Y - Z)\left(\frac{1}{e}\right)^{\phi}.$$

wo also die Wärme des Mittels, oder z für jede Zeit ϕ bekannt seyn muß, um y zu finden.

343. Es ist nämlich klar, daß das den Körper umgebende Mittel, dessen Temperatur anfänglich $= Z$ war, nach Verfluß der Zeit ϕ t nicht mehr die Temp. z haben kann, weil das Mittel von dem Körper Wärme empfängt. Es versteht sich, daß hier nur von dieser Aenderung der Wärme des Mittels die Rede ist. Empfienge das Mittel noch wo anders her Wärme, oder theilte eine gewisse Menge der von dem Körper erhaltenen, wieder andern Körpern mit, so würde die Formel (342.) welche sich nur auf Mittheilung der Wärme zwischen zweyen Körpern bezieht, nicht mehr statt finden können. Es kommen alsdann zwey Erkältungsexponenten vor, und die Erkältungsgesetze werden zusammengesetzter und

und verwickelter. Man kann dasjenige darüber nachlesen, was Hr. Lambert im 8. Kapitel seiner Pyrometrie davon beygebracht hat.

344. Will man also die Formel (342) und folglich das darinn enthaltene Erkältungsgesetz durch Erfahrungen prüfen, so muß man mit zwey Thermometern versehen seyn, damit man für eine jede Zeit ϕ nicht nur die Temperatur y des erkaltenden Körpers, sondern auch die Temperatur z des ihn umgebenden Mittels, und zwar wie begreiflich ist, nahe um den Körper selbst, beobachten könne. Dies macht die Versuche etwas beschwerlich. Man sucht sie daher so einzurichten, daß man dabey ohne merklichen Fehler die Veränderlichkeit des Werthes von z beyseite setzen darf.

345. Dies wird der Fall seyn, wenn der in einem gewissen Mittel erkältende Körper, von einem so geringen Volumen ist, daß er in Ansehung des umgebenden Mittels für unendlich klein gehalten werden kann. Alsdann nämlich kann die Wärme, die von ihm ausströmt, keine beträchtliche Änderung der Temperatur in dem umgebenden Mittel hervorbringen, zumal, wenn die Erkältung nicht zu schnell geschiehet, daß die Wärme Zeit genug hat, den Wiederstand des umgebenden Mit-

Mittels zu überwinden, und in demselben zu verfliegen. Da es nun aber hiebey eigentlich auf die Wärme des Mittels, zunächst um den Körper selbst, ankömmt, so erhellt, daß zwar die Temperatur des Mittels im Ganzen, durch jenen Körper beynahe ungeändert bleiben, nahe bey demselben aber dennoch immer so sehr durch dessen Temperatur afficirt werden könnte, daß man darauf Rücksicht zu nehmen Ursache hätte. Indessen wird diese Temperaturänderung des Mittels desto geringer seyn, je größer die spezifische Wärme desselben ist, und je leichter die Quantität der Wärme, die es von dem Körper erhält, sich in demselben zerstreut, ohne irgendwo aufgehalten zu werden, und auf den Körper zurück zu würken. Die Luft würde zu dieser Absicht am geschicktesten seyn, weil sie ein sehr lockeres Mittel ist, und eine ansehnliche spezifische Wärme hat, mithin durch einerley Quantität von Wärme, eine geringere Temperaturänderung erfährt, als Wasser und andere Substanzen, in denen man die Körper erkalten lassen wollte. Unter diesen Umständen wird es demnach verstattet seyn, statt z überhaupt nur die Temperatur Z des Mittels zu setzen, angenommen, daß es nicht wo anders her Wärme erhalte oder verliehre.

346.

346. Ausserdem ist aber auch erforderlich, daß der zu den Versuchen genommene Körper, so viel als möglich, durch seine ganze Masse vorher gleichförmig erwärmt worden sey, weil, wenn dieß nicht wäre, er auch nicht regelmäßig wieder erkalten würde. Schon dieß erfordert, daß er von keinem grossen Volumen sey. Ueberhaupt wird er aber auch nicht von einer sehr irregulären Gestalt seyn dürfen, weil er sonst an einigen Theilen die Wärme geschwinder, als an andern verliehren könnte. So würde z. B. ein erwärmter Kegel, an seiner Spitze eher erkalten, als am dickeren Ende desselben, und also schon allein, wegen seiner Figur, einer Ungleichheit der Erkältung ausgesetzt seyn; die kugelichte Figur würde demnach diejenige seyn, welche bey der Erwärmung und Erkältung die größte Gleichförmigkeit darbieten würde. Freylich könnte man sagen, daß auch die Theile auf der Oberfläche einer Kugel eher erkalteten, als die näher beym Mittelpunkte liegende. Allein wenn die Kugel nicht groß ist, und die Erkaltung nicht zu schnell geschieht, kann man diese Ungleichheit ohne merklichen Fehler beyseite setzen; auch bey Kugeln, die selbst einige Zolle im Durchmesser haben, wird man finden, daß höchstens in dem Anfange der Erkältung, die Formel (341.) etwas von der

der Erfahrung abweicht, in den folgenden Minuten aber, mit ihr sehr gut übereinstimmt.

347. Erxleben (Com. Soc. R. Goett. 1777. p 74) will zwar, durch Versuche, gefunden haben, daß das oberwähnte Gesetz mit der Erfahrung eben nicht sonderlich zutreffe. Allein, wenn man die Beschaffenheit seiner Versuche genau untersucht, so findet sich, daß er gerade einige der bisher beygebrachten Bedingungen ausser Acht gelassen habe. Denn erstlich ist der Körper, dessen er sich zu den Versuchen bediente, viel zu groß, als daß die Erkältung desselben, nicht einen merklichen Einfluß auf die Temperatur des ihn zunächst umgebenden Mittels gehabt haben konnte. Er bestand in einem cylindrischen Gefäße, welches sechs und mehrere Unzen Wassers faßte, welche Masse, nachdem sie über einer Lampe erhitzt worden, alsdann in freyer Luft erkaltet wurde. Durch eine so beträchtlich grosse warme Masse, konnte leicht die Temperatur der benachbarten Luft, um einige Grade wärmer werden, als sie überhaupt in dem Zimmer war, und es wäre also wohl nöthig gewesen, daß Erxleben solche durch ein eigenes, sehr empfindliches Thermometer, von Zeit zu Zeit bestimmt, und bey Prüfung obiger Formel in Betrachtung gezogen hätte, da

er hingegen nur die Temperatur der Luft, in dem Zimmer, wo er den Versuch anstellte, überhaupt, bey der Rechnung zum Grunde legte, also nur (344.) z = Z setzte, oder z für eine unveränderliche Grösse annahm. Dann ist auch die cylindrische Form des Gefäßes nach (346.) nicht die beste, noch weniger die Erwärmung der in dem Gefäße enthaltenen Substanz über einer Lampe, wodurch schwerlich eine gleichförmige Temperatur durch alle Theile der Substanz hervorgebracht werden kann. Dies zusammen, kann leicht den Unterschied von 6 bis 7 Graden bewürkt haben, um den die Beobachtung, in einem seiner Versuche, zumal in den ersten Minuten der Erkältung, wo die Vertheilung der Wärme immer einige Unregelmäßigkeit hat (346.), von der Rechnung abwich.

348. Lamberts (Pyrom. §. 261.) und Richmanns (Comm. Petrop. nov. Tom. I. pag. 174. etc.) Versuche stimmen besser mit der Rechnung überein; Ich habe mich auch durch eigene Versuche von der Richtigkeit obiger Formel überzeugt, theils bey größern Körpern, wobey ich aber die Temperatur z des sie zunächst umgebenden Mittels in Betrachtung zog, theils bey kleinern, wo ich die gedachte Temperatur für eine unveränderliche Grösse annehmen durfte.

Wenn

Wenn nun solchergestalt ein Körper nach einer geometrischen Progression (342.) erkaltet, so richtet sich der Erkaltungsexponent $\frac{1}{e}$ ohnstreitig erstlich nach der Größe oder dem Umfang des kalt werdenden Körpers, und ist desto kleiner, je geringer das Volumen des kalt werdenden Körpers, und desto größer seine Oberfläche ist, weil ein Körper seine Wärme ohnstreitig desto geschwinder verliehrt, je mehr diese Bedingungen in Absicht auf Inhalt und Oberfläche desselben statt finden.

349. Unter der Oberfläche muß aber hier nicht die geometrische, sondern die physische verstanden werden, d. h. die Summe aller gegenseitigen Berührungspunkte des Körpers, von dem die Rede ist, und des ihn umgebenden Mittels.

350. Wenn gleichartige Körper von unterschiedener Größe, in einerley Mittel abkühlen, so kann man die physischen Oberflächen, ohne merklichen Fehler, den geometrischen proportional setzen. Dies würde aber weder bey ungleichartigen Körpern, die in einerley Mitteln, noch bey gleichartigen, die in unterschiedenen Mitteln abkühlen, geschehen können.

351. Aber wenn gleich zwey Körper von einerley Größe und Figur sind, so lehrt die Erfahrung, daß sie dennoch in einerley Mitteln ihre Wärme nicht gleich geschwind verlieren, oder nach einerley Erkältungsexponenten erkalten, wenn sie aus unterschiedenen Materien bestehen, weil dergleichen Materien auch unterschiedene Fähigkeiten haben, die Wärme mehr oder weniger zurück zu halten, sie geschwind oder langsam fahren zu lassen; Dies hängt ohnstreitig von der verschiedenen Ziehkraft der Materien zum Wärmestoffe, und also von dessen unterschiedener spezifischer Dehnkraft in den Zwischenräumen der Körper (33. 34.) ab.

352. Dies giebt Begriffe von der unterschiedenen L e i t u n g s k r a f t d e r S u b s t a n z e n i n A n s e h u n g d e r W ä r m e, ihrem Vermögen also, die Wärme geschwind oder langsam zu verlieren, leicht oder schwer anzunehmen, oder mitzutheilen.

353. Diese wärmeleitende Kraft der Körper hat sehr viel Aehnlichkeit mit ihrem Leitungsvermögen, in Betracht der electrischen Materie, und so wie es hier gute und schlechte Leiter giebt, so haben die Körper auf eine ähnliche Art, auch ein sehr verschiedenes Vermögen, die Wärme leicht oder schwer anzunehmen, oder von sich zu lassen.

354. Un-

354. Unter mehreren Körpern, (ich setze voraus, daß sie einerley Mittel exponirt sind,) wird begreiflich derjenige der beste Leiter für die Wärme seyn, der bey einerley Figur und Grösse, den kleinsten Erkältungsexponenten (340.) hat. Denn derjenige, der leicht erkaltet, und also die Wärme leicht fahren läßt, nimmt sie auch leicht wieder an, und kömmt also auch leicht wieder zu einer gewissen Temperatur.

Ueber die Erkältungsexponenten, wenn Körper in einerley Mittel erkalten.

355. Es sey die gemeinschaftliche Temperatur zweyer Körper M und N = Y, die des umgebenden Mittels = Z. Nach Verfluß einer Zeit von φ Minuten, sey des Körpers M Temperatur = y, und des umgebenden Mittels (343.) = z. Nach ψ Minuten sey des Körpers N Temperatur ebenfalls = y, und folglich auch die Temperatur des Mittels zunächst um den Körper = z, so hat man für den ersten Körper $y - z = (Y - Z) \left(\frac{1}{e}\right)^{\varphi}$, und für den zweyten, dessen Erkältungsexpo-

nenten ich $= \frac{1}{\varepsilon}$ nenne,) $y-z = (Y-Z) \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{\psi}$.

Also $\left(\frac{1}{e}\right)^{\Phi} = \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{\psi}$ demnach

$$\log. \frac{1}{e} : \log. \frac{1}{\varepsilon} = \psi : \Phi$$

d. h. die Logarithmen der Erkältungsexponenten stehen in dem umgekehrten Verhältnisse der Zeiten, in denen gedachte Körper von einer gemeinschaftlichen Temperatur Y, bis zu einer andern gemeinschaftlichen y erkälten, und zwar in einerley umgebenden Mittel.

356. Wenn von dem Verhältnisse der wärmeleitenden Kraft zweyer Substanzen die Rede ist, so gedenkt man sich Körper aus ihnen, von gleicher Grösse und Figur, und einerley erkältenden Mittel exponirt. Derjenige Körper ist dann ein doppelt so guter Leiter für die Wärme, welcher z. E. von einer gewissen Temperatur Y zu einer andern y, herab zu kommen, halb so viel Zeit braucht, als ein anderer von gleichem Volumen, d. h. die Leitungskräfte zweyer Körper von einerley Volumen, ver-

verhalten sich umgekehrt, wie die Zeiten, die sie brauchen, einerley Aenderung einer gemeinschaftlichen Temperatur, in einerley Mittel zu erfahren.

357. Da nun aber die Logarithmen der Erkältungsexponenten sich ebenfalls umgekehrt, wie diese Zeiten verhalten (355), so werden die Leitungskräfte zweyer Körper, (von der obigen Bedingung) auch in dem ordentlichen Verhältnisse der Logarithmen ihrer Erkältungsexponenten stehen.

Ueber die gleichzeitigen Aenderungen der Temperatur zweyer Körper, in einerley umgebenden Mittel.

358. I. Es sey x unbestimmt eine gewisse Zeit vom Anfange der Erkäktung, y die ihr entsprechende Temperatur des Körpers, z aber des umgebenden Mittels und der Erkältungsexponent $= \frac{1}{e}$, so hat man die Gleichung.

$$\text{II. } y - z = (Y - Z) \left(\frac{1}{e}\right)^x$$

oder

$$\log.\frac{y-z}{Y-Z}=x\log.\frac{1}{e}.$$

III. Man differentiire diesen Ausdruck, so findet sich

$$\frac{dy-dz}{y-z}=dx\log.\frac{1}{e}.$$

IV. Ich will nun annehmen, in dem Zeittheilchen dx ändere sich die Temperatur des umgebenden Mittels nicht merklich, oder sey vielmehr unbeträchtlich, in Ansehung der Aenderung, welche der in diesem Mittel erkältende Körper leidet. Dies kann allemal angenommen werden, wenn ein Körper, in einem sehr ausgebreiteten Mittel, z. E. in der Luft erkältet, oder auch mit Schnee umgeben ist, welcher beym Schmelzen, ohngeändert einerley Temperatur behält. Die Aenderung der Temperatur, die das umgebende Mittel erfährt, rührt nämlich von der Quantität der Wärme her, welche der in diesem Mittel befindliche Körper, in dem Zeittheilchen dx ausströmen läßt. Heißt die Quantität der Wärme in gedachtem Körper $=Q$ seine Masse $=M$ und spezifische Wärme $=A$ so ist wegen $Q=MA(n+y)$,

$$dy=\frac{dQ}{MA}$$

d. h.

d. h. wenn der Körper in dem Zeittheilchen dx, die Quantität dQ seiner Wärme verliehrt, so leidet er eine Aenderung der Temperatur, welche im Verhältnisse des Quotienten $\frac{dQ}{AM}$ steht.

V. Gesetzt nun, die Quantität der Wärme der umgebenden Luftmasse sey q', die Masse der Luft selbst $= m'$, ihre spezifische Wärme $= a'$, und Temperatur $= z$, so ist eben so

$$dz = \frac{dq'}{m'a'}.$$

VI. Weil nun die Quantität der Wärme dq', welche die Luft bekommt, derjenigen gleich ist, welche der Körper verliert, also $dq' = dQ$, so ist die Aenderung der Temperatur, welche die den Körper umgebende Luft erfährt, oder

$$dz = \frac{dQ}{m'a'}$$

$$= \frac{MAdy}{m'a'}.$$

VII. Nun ist aber die ganze Luftmasse, welche den Körper umgiebt, oder m', in Ansehung der Masse M des Körpers, als unendlich groß zu betrachten, auch ist nach den

Versuchen über die spezifische Wärme der Luft immer $a > A$, demnach dz in Vergleichung mit dy immer sehr klein. Demnach kann man in (III.) ohne merklichen Fehler dz in Vergleichung mit dy weglassen, und demnach blos $dy = (y - z)\, dx \log. \frac{1}{e}$ setzen, wenn von einem so ausgebreiteten Mittel, als der Luft, die Rede ist.

VIII. Ein anderer Körper erkalte nun in eben dem umgebenden Mittel, also auch in der Luft, und sein Erkältungsexponent sey $= \frac{1}{\varepsilon}$, die Temperatur desselben $= \eta$, und der umgebenden Luft $= \zeta$, so ist die Aenderung seiner Temperatur in einem eben so grossen Zeittheilchen dx, nach eben den Gründen $= d\eta = (\eta - \zeta)\, dx \log \frac{1}{\varepsilon}$.

IX. Also

$$dy : d\eta = (y - z) \log \frac{1}{e} : (\eta - \zeta) \log \frac{1}{\varepsilon}$$

X. Gesetzt nun, die Unterschiede der Temperaturen der Körper, und des umgebenden Mittels, seyen zu Anfange des Zeittheilchens von gleicher Größe, also $y - z = \eta - \zeta$,

(oder

(oder auch, beyde Körper hätten zu Anfange des Zeittheilchens, eine gemeinschaftliche Temperatur, und wären auch einerley Mittel exponirt, so daß nicht allein $y = \eta$ sondern auch $z = \zeta$ wäre) so wäre,

$$\text{XI. } dy : d\eta = \log \frac{1}{e} : \log. \frac{1}{\varepsilon}$$

d. h. die Aenderungen der Temperatur, die beyde Körper in einerley Zeittheilchen erführen, würden sich verhalten, wie die Logarithmen ihrer Erkältungsexponenten, vorausgesetzt, daß während des Zeittheilchens dx, jede Temperatur z und ζ der umgebenden Mittel, für sich ungeändert bleibe.

Fernere Untersuchungen über die Logarithmen der Erkältungsexponenten.

359. I. Wenn die Temperatur des ersten Körpers $= y$, seine Masse $= M$, spezifische Wärme $= A$, und Quantität der Wärme $= Q$ gesetzt wird, so ist
$Q = MA\,(n+y)$

II. Gesetzt nun, in dem Zeittheilchen dx verliehre der Körper die Quantität dQ seiner Wärme, so ist $dQ = MAdy$ also
$dy = \frac{dQ}{MA}$; oder der Aenderung dQ seiner

Wär-

Wärme entspricht die Aenderung dy seiner Temperatur.

III. Eben so ist für den andern Körper, dessen Masse = m, spezifische Wärme = a Quantität der Wärme = q, und Temperatur = η ist, die Aenderung seiner Temperatur

$$d\eta = \frac{dq}{ma}$$

wenn dq die Aenderung der Quantität seiner Wärme, in dem Zeittheilchen dx, bedeutet.

Also

$$dy : d\eta = \frac{dQ}{MA} : \frac{dq}{ma}$$

oder auch (358. XI.)

$$\log. \frac{1}{e} : \log. \frac{1}{\varepsilon} = \frac{dQ}{MA} : \frac{dq}{ma}$$

IV. Nun verhalten sich aber diese Logarithmen der Erkältungsexponenten, auch umgekehrt wie die Zeiten, in denen beyde Körper von einerley Temperatur, zu einerley gemeinschaftlichen erkalten (355.). Wenn demnach diese Zeiten Φ und ψ heisen, so hat man auch $\psi : \Phi = \frac{dQ}{MA} : \frac{dq}{ma}$.

V. Da in dieser Proportion, die Werthe von d Q, d q, die Quantitäten der Wärme be-

bezeichnen, welche beyde Körper in gleichen Zeittheilchen von sich ausströmen lassen, wenn sie einerley Temperatur haben, auch beyde einerley umgebenden Mittel exponirt sind, nun aber ferner klar ist, daß, wenn diese Körper von gleichen Massen und spezifischen Wärmen wären, also M = m, A = a wäre, welches z. E. der Fall bey gleich grossen, gleichartigen Substanzen seyn würde, diese Quantiäten der Wärme, dQ und dq, sich alsdann nur allein nach der Verschiedenheit der Oberflächen der Körper richten, und in dem geraden Verhältnisse derselben stehen müssen, so erhellet, daß wenn diese Oberfiächen (ich verstehe hierunter die physischen (349.)) S, s heissen, obiges Verhältniß der Zeiten ψ und φ, für M = m, und A = a, unter den angenommenen Bedingungen der Temperaturen, sich in S : s verwandeln müsse.

VI. Hieraus folgt denn, daß, wenn die Massen und spezifischen Wärmen verschieden wären, sich für ungleichartige Körper überhaupt

$$\psi : \phi = \frac{S}{MA} : \frac{s}{ma}$$

verhalten müsse, welches ohnstreitig eine merkwürdige Proportion ist, welche zeigt, wie

wie durch Masse, spezifische Wärme und Oberfläche der Körper, die Verhältnisse der Zeiten bestimmt werden, in denen sie in einerley umgebenden Mittel, und zwar in der Luft (358. IV), gleiche Änderungen ihrer gemeinschaftlichen Temperatur erfahren (355.)

VII. Obige Proportion kann auch so ausgedrückt werden

$$\psi : \phi = \frac{ma}{s} : \frac{MA}{S}$$

$$= \frac{k}{s} : \frac{K}{S} \quad (264. \text{ I. III.})$$

d. h. es verhalten sich die Zeiten, in denen zwey Körper einerley Aenderung einer gemeinschaftlichen Temperatur erfahren, wie die absoluten Capacitäten der Körper (264. I.) dividirt durch ihre physische Oberflächen, d. h. durch die Summe ihrer Berührungspunkte mit dem umgebenden Mittel.

VIII. Für gleichartige Körper ist $A = a$, also $\psi : \phi = \frac{m}{s} : \frac{M}{S}$.

IX. Gesetzt die beyden Körper (VIII.) seyen Kugeln, deren Durchmesser d, D, so verhalten sich ihre Massen $m : M$, wie die Würfel der Durchmesser, und ihre physischen Oberflächen

wie

wie ihre geometrischen, also $s : S = d^2 : D^2$. Demnach

$$\psi : \phi = \frac{d^3}{d^2} : \frac{D^3}{D^2} = d : D.$$

D. h. die Zeiten in denen zwey gleichwarme Kugeln von einerley Materie, gleiche Aenderungen ihrer Temperatur erfahren, verhalten sich wie ihre Durchmesser. Eine Kugel also, von einem doppelt so grossen Durchmesser, wird zu einerley Aenderung der Temperatur eine noch einmal so lange Zeit brauchen, welches auch die Erfahrungen bestätigen.

Formel für die wärmeleitende Kraft zweyer Körper.

360. I. Diese bestimmt man durch die Zeiten, iu denen zwey Körper von gleicher Figur und von gleichem Volumen, eine gleich grosse Aenderung einer gemeinschaftlichen Temperatur, bey einerley Beschaffenheit des umgebenden Mittels, erfahren.

II. Das Verhältniß dieser Leitungskräfte ist das ordentliche der Logarithmen der Erkältungsexponenten (357.), oder das umgekehrte der in (356.) erwähnten Zeiten. Nun ist aber, wenn M, A, S. sich auf den ersten,

sten, und m, a, s, auf den zweyten, beziehen, das Verhältniß der Logarithmen ihrer Erkältungsexponenten (359. III. IV. VI.)

$$= \frac{S}{MA} : \frac{s}{ma}.$$

III. Und also, wenn L, l, die Leitungskräfte bedeuten, ebenfalls

$$L : l = \frac{S}{MA} : \frac{s}{ma}$$

IV. In dieser Proportion bedeuten S, s, die Summen der Berührunspunkte der Oberflächen gedachter Körper, mit dem umgebenden Mittel. Es ist begreiflich, daß wenn die Körper ungleichartig sind, man statt S und s, nicht ihre geometrischen Oberflächen setzen darf.

V. Man setze, beyde Körper seyen Kugeln von gleichem Halbmesser, wie nach (366. I) (wenn von Leitungskräften die Rede ist) angenommen werden muß. Der Halbmesser heiße r, so wäre die geometrische Oberfläche beyder Körper $= 4\pi r^2$. Wenn nun

$S = \frac{1}{f} . 4\pi r^2$ und $s = \frac{1}{g} . 4\pi r^2$ wäre, so wäre

$$L : l = \frac{1}{f.MA} : \frac{1}{g.ma}.$$

VI.

VI. Hier würde es nun freylich schwer halten, diese Proportion mit Erfahrungen zu vergleichen, weil ich nicht absehe, wie man die Grössen g, f, für diese oder jene Materien a priori bestimmen könnte. Ohnstreitig berührt z. E. Luft, die Oberfläche einer bleyernen Kugel, in einer andern Anzahl von Punkten, als die Oberfläche einer eben so grossen eisernen. Dieß wird von der verschiedenen Porosität der Materien abhängen. Indessen denke ich, wird in vielen Fällen der Unterschied von g und f so sehr erheblich nicht seyn, so daß es ohngefähr verstattet seyn möchte g = f also blos

$$L : l = \frac{1}{MA} : \frac{1}{ma}$$

zu setzen.

VII. Da die Kugeln von gleicher Grösse seyn müssen, so verhalten sich in dieser Proportion die Massen M, m, wie die spezifische Schweren oder Dichten der Materien, woraus die Kugeln gemacht sind.

Vergleichung des in (360. VI.) erwähnten Gesetzes mit Versuchen.

361. Ich werde vors erste diejenigen erörtern, welche Richmann (Comm. Ac.

Petrop. ad ann. 1752. p. 241.) über feste Körper angestellt hat, und nachher einige über flüßige Materien beyfügen, welche ich selbst mit möglichster Sorgfalt angestellt habe.

Er ließ Kugeln aus unterschiedenen Metallen giesen, welche genau von gleichem Durchmesser waren.

Jede war mit einer cylindrischen Höhlung versehen, damit ein Thermometer hineingestellt werden konnte, um die Temperatur der Kugeln, nachdem sie erhitzt worden waren, beobachten zu können. Die Kugeln waren mit Häkchen versehen, damit sie an Schnüren in freyer Luft aufgehängt werden konnten. In die Höhlung, worin das Thermometer stand, wurde etwas von einer flüssigen Materie gegossen, um eine genaue Berührung der Kugel des Thermometers, mit dem Metalle selbst zu bewerkstelligen.

Nun wurden die Kugeln, nach Maaßgabe des in ihnen stehenden Thermometers, alle bis zu einerley Temperatur erhitzt, und hierauf in freyer Luft aufgehängt; Man bemerkte an einer Pendeluhr von Minute zu Minute, die Abnahme der Temperatur dieser Kugeln, welche sämmtlich, so viel als möglich, in Luft von einerley Beschaffenheit und Temperatur erkalten mußten.

352. Ich

362. Ich habe, um die Leitungskräfte dieser metallenen Kugeln zu bestimmen, vorzüglich den 7, 8, 9, 10 und 11ten Versuch gewählt, weil Richmann selbst meldet, daß er sich hiezu eines Thermometers von hinlänglich breiter Scale bedient habe, und die Kugeln ganz genau von gleicher Größe gemacht worden seyen, welches sie in einigen seiner vorhergehenden Versuche nicht waren.

363. Hier sind z. E. die Beobachtungen für Bley und Zinn, innerhalb den ersten 5 Minuten der Erkältung. Die Temperatur, von der sie gemeinschaftlich erkalteten, war 180°, und die Temperatur der äußern Luft 61,5.

Zeiten	Zinn	Bley
0	180, 0	180, 0
1	177, 8	176, 8
2	175, 6	173, 0
3	173, 6	170, 0
4	171, 8	167, 0
5	169, 6	164, 4

364. Die Differenzen dieser Temperaturen, von Minute zu Minute, sind

bey dem Zinne 2,2 ; 2,2 ; 2,0 ; 1,8 ; 2,2

bey dem Bleye 3,2 ; 3,8 ; 3,0 ; 3,0 ; 2,6

Da sie bey jedem dieser Metalle ziemlich gleichförmig sind, und die Ungleichheiten nur Fehlern der Beobachtung zuzuschreiben sind, weil sie bald zu bald abnehmen, so ist die mittlere Differenz bey dem Zinne = 2,08 bey dem Bleye = 3,12 d. h. beym Anfange der Erkältung, nimmt die Temperatur des Zinnes in jeder Minute um 2,08 Grade, die des Bleyes aber um 3,12 Grade ab. Das Bley erkältet also schneller als das Zinn, in dem Verhältnisse 312 : 208. In diesem Verhältnisse (358. XI.) würden nämlich die Erkältungsexponenten, und folglich, die Leitungskräfte des Bleyes zum Zinne stehen (360. II.)

365. Also wenn L, l., sich auf Bley und Zinn beziehen, so hat man

$$L : l = 1 : \frac{208}{312}$$

$$= 100 : 67 \text{ beynahe.}$$

366. Eben so habe ich nun auch die Leitungskräfte der übrigen Metalle, aus Richmanns Versuchen mit der des Bleyes verglichen, und nach Erwägung der von Richmann in dem 8ten und 9ten Versuche in Betracht gezogenen Correction in Ansehung der äussern Temperatur, welche in diesen zwey Versuchen etwas anders als in den übrigen

war,

war, folgende Verhältnisse der Leitungskräfte gefunden

Bley	100
Messing	41
Kupfer	39
Eisen	43
Zinn	67

367. Um nun diese Resultate mit der Theorie (360. VI) zu vergleichen, so werde ich hier erstlich die zur Berechnung nöthigen Data hersetzen.

Die Kugeln waren in diesen Versuchen alle von gleichem Durchmesser. Ihre Massen verhalten sich also wie ihre Dichtigkeiten, oder spezifischen Schweren.

368 Diese hat nun Richmann freylich nicht angegeben. Er erwähnt zwar im 6ten § eines hydrostatischen Versuchs, in Ansehung des Volumens der Kugeln, der aber zu Bestimmung der spezifischen Schweren nicht gebraucht werden kann, weil sich daraus zeigt, daß die Kugeln anfänglich nicht genau von gleicher Größe waren. Es wäre zu wünschen, daß Richmann, nachdem die Kugeln einander gleich gemacht worden waren, das Verhältniß ihrer Gewichte angegeben hätte.

369. Indessen denke ich nicht viel zu fehlen, wenn ich die spezifischen Schweren der

gebrauchten Metalle aus dem Verzeichnisse nehme, welches in Hrn. Prof. Grens Grundrisse der Naturlehre S. 222. aus Muschenbröcks, Brissons, Bergmanns und einigen andern Versuchen, gezogen ist.

Diesem zu folge wären sie

für	Bley	11352
	Messing	8396
	Kupfer	8876
	Eisen	7800
	Zinnn	7291.

370. Die Verhältnisse der spezifischen Wärmen sind nach Crawford

für	Bley	352
	Messing	1123
	Kupfer	1111
	Eisen	1269
	Zinn	704.

371. Wenn ich diese Bestimmungen zum Grunde lege, also z. E. in der Proportion (360. VI) für das Bley $M = 11352$; $A = 352$; für das Eisen $m = 7800$; $a = 1269$ setze, so wäre der Rechnung nach die Leitungskraft des Bleyes zum Eisen

oder $L : l = \frac{1}{11352.352} : \frac{1}{7800.1269}$

d. h.

d. h.

$$L : l = 1 : \frac{11352 \cdot 352}{7800 \cdot 1269}$$

oder = 1 : 0,4037, also wenn man nur bis auf Hunderttheilchen gehen will, wie 100 : 40, welches mit der Beobachtung Richmanns (366) sehr nahe übereinstimmet.

372. Auf eine ähnliche Art habe ich die Leitungskräfte, des Bleyes zu den übrigen Metallen, berechnet. Ich setze hier die Resultate der Berechnung her, und zur Vergleichung, die Richmannischen Beobachtungen darneben.

Leitungskräfte	nach der Berechnung	nach der Beobachtung
des Bleyes	100	100
Messings	42	41
Kupfers	40	39
Eisens	40	41
Zinnes	77	67.

Man sieht hieraus, daß sich Messing, Kupfer, und Eisen, ohngefähr gleich verhalten, das Zinn aber, sowohl nach der Beobachtung als Rechnung, immer ein merklich besserer Leiter der Wärme ist, als die erwähnten drey Metalle.

373. Eine grössere Uebereinstimmung der Theorie mit der Erfahrung, kann man doch

wirklich nicht verlangen, wenn man bedenkt, daß weder die spezifische Wärmen der Körper mit der Zuverläßigkeit bestimmt sind, daß man auf einige Hunderttheilchen derselben sicher rechnen kann, noch auch die spezifische Schweren der Materien, woraus Richmanns Kugeln gemacht waren, mit völliger Zuverläßigkeit bekannt sind. Die größte Abweichung der Rechnung von der Beobachtung, zeigt sich beym Zinne, wer weiß aber auch nicht, wie sehr verschieden die Güte des Zinnes ist, wie oft es mit Bley versetzt wird. Bey den übrigen Metallen sind die Bestimmungen weniger verschieden, und daher auch die Resultate der Rechnung und Beobachtung in (372.) ohngleich übereinstimmender.

374. Es scheint also hiedurch auch bewiesen zu seyn, daß die Voraussetzung (360. VI) ohne merklichen Fehler angenommen werden dürfe.

375. Indessen werde ich nun auch durch einige selbst angestellte Versuche, die Theorie mit der Erfahrung vergleichen, unter andern auch einige Substanzen wählen, deren spezifische Schweren und Wärmen, sehr von einander unterschieden sind, wo also, wenn die Theorie falsch wäre, sich die Abweichung von der Erfahrung am merklichsten zeigen müßte.

376. Da

376. Da dieses, z. E. sogleich bey Quecksilber und Wasser, der Fall ist, so werde ich den Versuch, mit diesen beyden Materien hier zuerst vornehmen.

377. Da nun aber flüssige Materien nicht unmittelbar der Luft exponirt werden können, um in ihr von einer gemeinschaftlichen Temperatur an zu erkalten, sondern in Gefäßen eingeschlossen seyn müssen, so wird bey der bisherigen Untersuchung, auch auf diese Gefäße Rücksicht genommen werden müssen.

378. I. Ich setze zum voraus, daß die Gefäße von gleicher Masse und Volumen, auch von gleicher Figur sind, oder, daß man die flüssigen Materien immer in einerley Gefäße dem umgebenden Mittel exponire, und nehme ferner an, das Gefäß habe in jedem Augenblicke eine gemeinschaftliche Temperatur mit der darinn enthaltenen Substanz, von welcher Bedingung ich nachher noch reden werde. Die Masse des Gefäßes heiße also m, und die spezifische Wärme der Materie, woraus es gemacht ist = a, dann würde die Quantität der Wärme sowohl des Gefäßes, als der darin enthaltenen Flüssigkeit, also der Werth von Q in (259. I.), nunmehr = $(MA+ma)(n+y)$ seyn. Mithin das dortige dQ nunmehr = $(MA+ma)\,dy$ oder

$$dy = \frac{dQ}{MA+ma}.$$

II. Und eben so in (359. III.)

$$d\eta = \frac{dq}{ma+ma}.$$

III. Mithin das Verhältniß der Logarithmen der Erkältungsexponenten, der in Gefäßen eingeschlossenen Materien in (359. III), nunmehr

$$\log.\frac{1}{e} : \log.\frac{1}{\varepsilon} = \frac{dQ}{MA+ma} : \frac{dq}{ma+ma}.$$

IV. Nun sollen aber der Voraussetzung nach, die flüssigen Materien von einerley Temperatur an erkalten, und in einerley Gefäßen dem umgebenden Mittel exponirt werden (378. I). Wenn demnach die Gefäße, mit den darin enthaltenen Flüssigkeiten, auch einerley Temperatur haben, so müssen, weil die Oberflächen dieser Gefäße von gleicher Grösse sind, die Werthe von dQ und dq, d. h. die Quantitäten der Wärme, die von diesen Oberflächen in gleichen Zeittheilchen, in das umgebende Mittel strömen, auch von gleicher Größe seyn, dies giebt alsdann

$$\log.\frac{1}{e} : \log.\frac{1}{\varepsilon} = \frac{1}{MA+ma} : \frac{1}{ma+ma}.$$

379.

379. Wenn demnach die flüssigen Materien in Gefäße eingeschloßen sind, so hängen die Logarithmen ihrer Erkältungsexponenten, mithin auch die Zeiten, in denen diese Materien einerley Aenderung der Temperatur erfahren (359), von der Masse und der spezifischen Wärme des Gefäßes mit ab. Könnte man solche Flüssigkeiten, ohne sie in Gefäße einzuschließen, blos für sich allein erkalten lassen, so würde das Verhältniß ihrer Erkältungsexponenten blos wie $\frac{1}{MA} : \frac{1}{ma}$ seyn, und dies Verhältniß würde dann zugleich das wahre, von dem Gefäße unabhängige Leitungsvermögen der Körper, ausdrücken.

380. Da nun aber Versuche mit flüssigen Materien, nicht anders angestellt werden können, als daß man sie in Gefäßen dem erkältenden Mittel exponirt, die Logarithmen der Erkältungsexponenten aber alsdann, auch von dem Gefäße abhängen, so kann die Prüfung, ob das Leitungsvermögen flüssiger Körper sich wie $\frac{1}{MA} : \frac{1}{ma}$ verhalte, vermittelst der beobachteten Erkältungszeiten, oder Erkältungsexponenten, nicht anders,

als

alsbey der Voraussetzung statt finden, daß man die Gefäße gegen die darinn enthaltene Materien, oder vielmehr das Produkt ma gegen MA und ma, so unbeträchtlich annimmt, daß obiges Verhältniß (378.IV) der Erkältungsexponenten der Materien in Gefäßen, ohne merklichen Fehler, für das wahre ihrer Leitungskräfte, nämlich $\frac{1}{MA} : \frac{1}{ma}$ angenommen werden darf.

381. Man würde daher sehr irren, wenn man z. E. die Prüfung, ob sich die Leitungskräfte der Luftarten wie $\frac{1}{MA} : \frac{1}{ma}$ verhielten, so vornehmen wollte, daß man sie in Gefäße einschlösse, sie von einem gewissen Grade der Temperatur an, abkühlen ließe, und die Erkältungszeiten beobachtete; denn jedes Gefäß würde hier zu beträchtlich gegen die darin enthaltene Luft seyn. Auch würde in diesem Falle selbst die Masse des Thermometers in Rechnung kommen müssen, welche bey Versuchen mit concreten Flüssigkeiten gleichfalls für Null angesehen wird.

382. Um nun diese Proportion, (378.IV) (die man unter der Voraussetzung (380) ohne merklichen Fehler für die wahre der Leitungskräfte

kräfte, der Materien ohne Gefäße, annehmen kann,) mit Erfahrungen zu vergleichen, wird es nöthig seyn, noch einige Bemerkungen hinzuzufügen.

Man sieht, daß die Bedingung, unter der diese Proportion statt finden kann, sich darauf mit gründet, (378. IV) daß das Gefäß in jedem Augenblicke, eine gemeinschaftliche Temperatur, mit den darin enthaltenen Flüssigkeiten habe. Wäre dies nicht, so würde auch auf den Unterschied der Temperaturen, des Gefäßes und der Flüssigkeit, gesehen werden müssen, welches auf eine ungleich zusammengesetztere Proportion, als die in (378. IV) angegebene, führen würde, weil alsdann auch der Werth von dy in (378. I) durch die Temperatur des Gefäßes in jedem Augenblicke, und durch die Aenderung derselben, bestimmt werden würde. Mit einem Worte, wenn die gedachte Proportion ihre Richtigkeit haben soll, so wird erfordert, daß, so viel Wärme in einem jeden Augenblicke aus dem Gefäße in das umgebende Mittel strömt, auch wieder aus der Flüssigkeit in das Gefäß übergehe.

383. Diese Bedingung kann, zumal wenn das Gefäß etwas dick und kein guter Leiter der Wärme ist, nur durch eine langsame Erkältung erreicht werden. Denn alsdann hat nicht nur die in der Flüssigkeit enthaltene

tene Wärme, Zeit genug, sich durch die Masse dieser Flüssigkeit selbst, regelmäßig und gleichförmig zu vertheilen, so daß das in ihr befindliche Thermometer, ohne merklichen Fehler, die gemeinschaftliche Temperatur der ganzen Flüssigkeit anzeige, sondern auch, die aus dem Gefäße in das umgebende Mittel strömende Wärme, wird alsdann gleichförmig wieder ersetzt, und das Gefäß hat, bis auf einen geringen Unterschied, in jedem Augenblicke eine gemeinschaftliche Temperatur mit der darinne enthaltenen Flüssigkeit, oder ändert doch wenigstens seine Temperatur verhältnißmäßig mit der in ihm enthaltenen Flüssigkeit, welche Bedingung ebenfalls auf die Proportion (378. IV.) führen würde.

384. Man wird demnach die Versuche nicht mit zu geringen Massen, welche sonst zu geschwind erkalten würden, sondern vielmehr mit etwas ansehnlichen Portionen derselben anstellen müssen, oder, wenn die Massen gering sind, wird wenigstens der Unterschied der Temperaturen, der Massen und des umgebenden Mittels, nicht zu groß seyn dürfen, weil sonst die Erkältung nicht regelmäßig seyn würde.

385. Uebrigens muß man auch die Abkühlung in keinem Mittel geschehen lassen, welches die aus dem Körper gehende

Wärme, etwa zum Theil wieder gegen ihn zu reflectiren könnte, welcher Umstand beträchtlichen Einfluß auf das comparative Leitungsvermögen der Körper haben würde. Wenn man sie in der Luft, als in einem so lockern Mittel, abkühlen läßt, so wird man diesem Umstande in allen Fällen vorbeugen. Weil aber die Beschaffenheit der Luft veränderlich ist, so müssen die Versuche so eingerichtet werden, daß der Zustand der Luft, wenigstens allemal für die zwey Substanzen, die man vergleicht, derselbe ist, d. h. die Versuche müssen, so viel als möglich, in einem kurzen Zeitraume hintereinander folgen.

386. Ich habe mich zu den Versuchen eines kugelförmigen Gefäßes, von sehr nahe 3 englischen Zollen im Durchmesser, bedient; Es ist mit einem Halse versehen, der ohngefähr $1\frac{1}{2}$ Zoll lang, und $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser hat. In diesen Hals kann ein Pfropf befestigt werden, durch den die Röhre eines Thermometers geht, dessen Kugel, bis in den Mittelpunkt des Gefäßes hinabreicht. Die Vorrichtung ist so gemacht, daß der ganze Apparat bequem, an einem dünnen Bindfaden, in freyer Luft aufgehängt werden kann. An dem Halse ist ein Zeichen, bis an welches das Gefäß allemal mit dieser oder jener Flüssigkeit gefüllt wird.

Das

Das Gefäß mit der darinne enthaltenen Flüssigkeit wird in einem Sandbade, bis auf eine gewisse Temperatur, gleichförmig erhitzt, (welches man dadurch erhalten kann, daß man die Flüssigkeit von Zeit zu Zeit etwas unter einander rührt,) und, wenn dies geschehen, in der Mitte eines Zimmers aufgehängt, dessen Temperatur, während des Versuches, ohne merkliche Aenderung bleiben muß.

387. Das Thermometer in der Flüssigkeit, wird nicht in dem Augenblicke zu fallen anfangen, als man den Apparat aus dem Sandbade in die kältere Luft bringt. Begreiflich muß die Wärme von aussen nach innen erst abnehmen, bis das Thermometer anfangen kann zu fallen. Dies wird sehr oft mehrere Minuten dauern. Indessen beobachte ich das Fallen des Thermometers nicht eher, als bis es bereits um 5 bis 6 Grade gefallen ist, weil das Gesetz der Erkältung, im Anfange, ehe sich die Wärme gleichförmig vertheilt hat, immer einigen Ungleichheiten unterworfen ist, und nur erst in den folgenden Minuten regelmäsig zu werden anfängt.

388. An einer guten Pendeluhr bemerke ich die Zeiten, in denen die in die Kugel gebrachten Flüssigkeiten, alle von einerley Temperatur an, immer um gleich viel Grade erkalten.

389. Die Versuche mit Quecksilber und Wasser, bey ungeändertem Zustande der Luft, gaben mir folgendes:

Das Quecksil. erkaltete		Wasser
von 60° bis 59°	in 41 Sec.	in 80 Sec.
59 — 58	in 42 —	in 84 —
58 — 57	in 40 —	in 88 —
57 — 56	in 44 —	in 93 —
56 — 55	in 47 —	in 90 —
55 — 54	in 52 —	in 95 —
54 — 53	in 50 —	in 96 —
53 — 52	in 55 —	in 101 —
52 — 51	in 55 —	in 103 —

390. Die Verhältnisse dieser Zeiten sind paarweise wie sie einander gegenüber stehen, folgende:

41 : 80	=	1 : 1,95
42 : 84	=	1 : 2,00
40 : 88	=	1 : 2,20
44 : 93	=	1 : 2,11
47 : 90	=	1 : 1,91
52 : 95	=	1 : 1,83
50 : 96	=	1 : 1,91
55 : 101	=	1 : 1,84
55 : 103	=	1 : 1,87

391. Die Verschiedenheit in diesen Verhältnissen rührt blos von unvermeidlichen Beobachtungsfehlern her. Daher das Mittel aus allen 1 : 1,97 von der Wahrheit nicht viel abweichen wird.

392. Die Leitungskraft des Wassers zu der des Quecksilbers, würde also dieser Beobachtung zu folge = 1 : 1,97 seyn, also das Quecksilber fast ein zweymal so guter Leiter der Wärme seyn, als das Wasser.

393. Diese Beobachtung weicht ziemlich von derjenigen ab, welche Hr. Thomson für das Verhältniß der leitenden Kräfte des Wassers und Quecksilbers angegeben hat (m. s. Hrn. Prof. Grens Naturlehre §. 425.) Er fand nämlich das Verhältniß = 313 : 1000 = 1 : 3,19.

394. Allein wenn man die Beobachtungen ansieht, aus denen Hr. Thomson sein Verhältniß hergeleitet hat, so läßt sich die Abweichung desselben von dem meinigen, blos aus unvermeidlichen Beobachtungsfehlern, begreifen. Denn die Zeiten in denen Quecksilber und Wasser um gleich viel Grade erwärmt wurden, sind in Hrn. Thomsons Beobachtungen so kurz, daß ein Fehler von einer Secunde hinreichend ist, die Abweichung seines

Ver-

Verhältnisses von dem meinigen zu erklären. Wasser brauchte, z. E. um vom 10ten Reaumurschen Grad, bis auf den 20ten erwärmt zu werden, nur eine Zeit von 9 Secunden, Quecksilber hingegen eine Zeit von $2\frac{2}{3}$ Secunden. Dies gäbe, aus dieser Beobachtung, das Verhältniß der Leitungskraft des Wassers zum Quecksilber = 1 : 3,37. Gesetzt Hr. Thomson habe bey dem Quecksilber nur um $\frac{1}{2}$ Secunde gefehlt, und wer kann, da das Thermometer so schnell fiel, für diesen Fehler gut stehn, so würde dies allein schon hinreichend seyn, sein Verhältniß auf das meinige herabzubringen. In der That finden sich unter seinen Beobachtungen mehrere, welche Verhältnisse geben, die dem meinigen sehr nahe kommen, zumal wenn das Steigen des Thermometers langsamer geschah, wobey folglich ein kleiner Fehler von geringer Folge ausfallen muß, weil sich alsdann mit mehr Sicherheit angeben läßt, wenn das Thermometer einerley Temperatur in beyden Flüssigkeiten erreicht hat. Z. E. um vom 70ten bis 80ten Reaumurschen Grad erwärmt zu werden, brauchte das Wasser eine Zeit von 123 Secunden, das ☿ 58 Secunden, dies gäbe das Verhältnis 1 : 2,12 dem meinigen schon viel näher, und so finden sich überhaupt unter seinen Beobachtungen meh-

rere, welche dem von mir angegebenen Verhältnisse sehr nahe kommen. Ich kann also Hrn. Thomsons Verhältniß für nicht sehr richtig erklären, weil der Gang der Erwärmung zu schnell in seinen Beobachtungen war, als daß sich mit hinlänglicher Genauigkeit hätte bestimmen lassen können, wenn beyde Flüssigkeiten genau einerley Temperatur hatten. Und überhaupt habe ich schon im vorhergehenden die Ursache angegeben, warum die Erwärmung und Erkältung nicht zu schnell vor sich gehen darf.

395. Ich werde also nun das von mir gefundene Verhältniß, mit der Theorie vergleichen. Die specifische Schwere des Quecksilbers, dessen ich mich bediente, fand ich nach einem Mittel aus mehreren Versuchen = 13,58.

396. Das gläserne Gefäß, worinn ich es erkalten ließ, hatte ein Gewicht, welches sich zu dem des darinn enthaltenen Wassers $= \frac{4}{17} : 1$ verhielt.

397. Setze ich nun, die spezifische Wärme des Quecksilbers zum Wasser, nach Crawfords Versuchen = 0,033 : 1 die spezifische Wärme des Glases = 0,187 so wäre in der

Pro-

Proportion (378. IV.) wo M,A sich auf das Wasser, m, a, auf das Gefäß, und m,a auf das Quecksilber beziehen sollen,

$$M = 1 \; ; \; A = 1 \; ; \; m = \frac{4}{17} \; ; \; a = 0{,}187,$$

$m = 13{,}58$; $a = 0{,}033$; also
$ma = 0{,}043$.

398. Demnach das Verhältniß der leitenden Kraft des Wassers zum Quecksilber (wenn nämlich beyde Flüssigkeiten, in obgedachten Gefäße erkalten)

$$L : l = \frac{1}{1 + 0{,}043} : \frac{1}{13{,}58 . 0{,}033 + 0{,}043}$$

d. h.

$$L : l = 1 : \frac{1{,}043}{0{,}49114} = 1 : 2{,}12$$

Also beynahe $= 10 : 21$; die Beobachtungen (389) gaben in (390) dies Verhältniß $= 10 : 20$ beynahe.

399. Keine grössere Uebereinstimmung der Theorie mit der Erfahrung, läßt sich gar nicht verlangen, wenn man bedenkt, daß die spezifischen Wärmen, die bey der Rechnung zum Grunde liegen, noch immer um etwas fehlerhaft seyn können.

Ich werde nun noch einige Versuche anführen, die ich über die Leitungskräfte von Leinöl, und Essig, angestellt habe.

Leinöl und Wasser.

400. Nachdem ich mit diesen beyden Flüssigkeiten, wie im vorhergehenden, mit Quecksilber und Wasser, verfahren hatte, so fand ich die Zeiten, in denen sie um einerley Grade erkalteten, folgendergestalt:

Das Leinöl fiel		Das Wasser
von 60° bis 59°	in 47 Sec.	in 84 Sec.
59 — 58	in 48	in 88
58 — 57	in 51	in 86
57 — 56	in 52	in 94
56 — 55	in 57	in 98
55 — 54	in 55	in 103
54 — 53	in 60	in 99
53 — 52	in 60	in 108
52 — 51	in 60	in 110
51 — 50	in 60	in 102

Die Temperatur des Zimmers war etwas anders als die obige bey Quecksilber und Wasser, daher hier für Wasser etwas andere Zahlen kommen, als in (389.). Indessen blieb während dieses Versuchs die Temperatur des Zimmers ungeändert.

401.

401. Dies giebt der Ordnung nach, folgende Verhältnisse der Leitungskräfte des Wassers zum Leinöle:

47 : 84 = 1 : 2,00
u. s. w. 1 : 2,04
1 : 1,68
1 : 1,80
1 : 1,72
1 : 1,87
1 : 1,65
1 : 1,80
1 : 1,83
1 : 1,70

das Mittel 1 : 1,79 also beynahe = 10 : 18:

402. Das Leinöl, dessen ich mich bediente, hatte nach mehreren Versuchen, die spezifische Schwere m = 0,941. Die spezifische Wärme desselben a, fand ich = 0,57. In Ansehung des Gefäßes bleibt wie oben (397.) ma = 0,043.

403. Dies giebt das Verhältniß der Leitungskraft des Wassers zum Leinöle

$$= 1 : \frac{1,043}{0,57937} = 1 : 1,8 = 10 : 18$$

welches völlig der Beobachtung (401.) entspricht.

Essig und Wasser.

Essig erkaltete		Wasser
404. Von 60° bis 59°	in 85 Sec.	in 83 Sec.
59 — 58	in 90	in 88
58 — 57	in 99	in 88
57 — 56	in 84	in 91
56 — 55	in 102	in 99
55 — 54	in 94	in 102
54 — 53	in 106	in 102

405. Hieraus, Leitungskraft des Wassers zum Essig

1 : 0,97
1 : 0,97
1 : 0,89
1 : 1,08
1 : 0,97
1 : 1,08
1 : 1,96

Mittel 1 : 0,99 also beynahe = 1 : 1.

406. Die spezifische Schwere des gebrauchten Essigs, war nach mehreren Versuchen völlig der des Wassers gleich, also m = 1.

407. Die spezifiische Wärme desselben fand ich ebenfalls ohne merklichen Fehler der des Wassers gleich.

408. Bey dieser Gelegenheit kann ich nicht umhin, zu erwähnen, daß ich in der von Kirwan angegebenen Tafel der spezifischen Wärmen, welche sich unter andern auch in Hrn. Prof. Grens Naturlehre S. 214. findet, die spezifische Wärme des concentrirten destillirten Essiges = 0,103 angegeben finde. Ob der Essig, dessen ich mich bedient habe, concentrirter war, will ich nun eben nicht behaupten. Ich nahm ihn, wie ich ihn aus einer Apotheke, unter den Namen des destillirten Essigs, erhielt, man weiß aber, daß dieser gewöhnliche destillirte Essig immer noch sehr viel Phlegma enthält, indessen, denke ich, doch nicht so viel, daß seine spezifische Wärme, so sehr von der des concentrirten Essigs unterschieden seyn sollte, als die spezifische Wärme des meinigen von Kirwans Angabe abweicht. Ich vermuthe vielmehr, so wie in mehreren Angaben der erwähnten Tafel, entweder einen Drukfehler in der von Kirwan angegebenen spezifischen Wärme des Essigs, vermöge dessen sie vielmehr 1,03 als 0,103 heissen sollte, oder es kann seyn, daß die Bestimmung Kirwans an sich selbst fehlerhaft ist. Denn ich kann mit Zuverlässigkeit behaupten, daß ich nach mehreren Versuchen die spezifische Wärme des gedachten Essigs beynahe der des Wassers gleich befunden ha-

 be.

be. Zum Beweise führe ich nur einen Versuch an.

409. Ich nahm ein irrdenes cylindrisches Gefäß, dessen ich mich gewöhnlich, zu Bestimmung der spezifischen Wärmen, nach Kirwans Verfahren (283.XIV) bediente, und ließ es über 20 Minuten lang in kochenden Wasser liegen, damit es die Temperatur desselben annehmen möchte. Nachdem ich es so schnell als möglich, mit einer dünnen eisernen Zange aus dem Wasser gehoben, ausgeschüttet, und auf ein horizontales Brett mit drey vertical hervorstehenden Spitzen, als auf Unterlagen, gestellt hatte, füllte ich es, ebenfalls so schnell als möglich, mit Wasser, von der Temperatur 12°,7 bis an ein ganz nahe an dem Rande befindliches Zeichen. Ich stellte nun ein Thermometer hinein, um die gemeinschaftliche Temperatur des Wassers und Gefäßes zu beobachten. Das Thermometer stieg allmählig, so wie das erhitzte Gefäß, dem kältern hineingegossenen Wasser, nach und nach seine Wärme mittheilte. Um eine gleichförmige Vertheilung der Wärme zu erhalten, rührte ich das Wasser von Zeit zu Zeit, mit einem Federkiel herum. In einer Zeit von etwa 4 Minuten, hörte das Steigen des Thermometers auf, ein Beweiß, daß nun das

Gefäß dem Wasser weiter keine Wärme mehr mittheilte. Die gemeinschaftliche Temperatur war nun 26,2 Grad. Das Thermometer sank nun in den folgenden 4 Minuten ohngefähr um 0,2 Grad. Demnach wäre die corrigirte Temperatur 26,4 Grad. Nachdem ich nun das Gefäß wieder ausgeleert hatte, erhitzte ich es von neuen in kochenden Wasser, und verfuhr nun mit Essig eben so, wie mit dem Wasser. Die Temperatur des Essigs, ehe er in das erhitzte Gefäß gegossen wurde, war 14°; Nachdem Gefäß und Essig auf einerley Temperatur waren, fand sich die gemeinschaftliche corrigirte Temperatur = 27°,8.

Setze ich nun, daß das Gefäß etwa ein paar Grade von seiner Wärme verlohren haben kann, während der kurzen Zeit, daß es aus dem kochenden Wasser genommen, und die Flüssigkeiten in dasselbe hinein gegossen wurden. (Ich habe mich durch anderweitige Versuche, die hier zu weitläuftig zu erwähnen seyn würden, überzeugt, daß ich höchstens nur 2 Grad abrechnen kann,) so wäre die Temperatur des Gefäßes, ehe jedesmal die Flüssigkeiten hinein gegossen wurden, = 78°.

Wenn demnach die Capacität des Gefäßes = K, des hineingegossenen Wassers = k, und des Essigs = ŧ gesetzt wird, so wäre erstlich aus (283. XVI)

K : k

$$K:k = 26,4 - 12,7 : 78^\circ - 26,4$$ oder
$$K:k = 13,7 \quad : \quad 51,6$$
und eben so
$$K:\mathfrak{k} = 27,7 - 14 : 78 - 27,7$$
$$= 13,7 \quad : \quad 50,3$$
demnach
$$k:\mathfrak{k} = 51,6 : 50,3.$$
Also wenn die Masse Wassers = M, des Essigs = m, gesetzt wird, so ist das Verhältniß der spezifischen Wärme des Wassers zum Essig, oder

$$A:a = \frac{51,6}{M} : \frac{50,3}{m} \quad (283. \text{XVII.})$$

Nun wurde aber in beyden Fällen das Gefäß ganz mit den Flüssigkeiten angefüllt, und also gleich grosse Volumina derselben genommen. Weil nun übrigens, meinen Versuchen zufolge, Essig und Wasser gleiche spezifische Schwere haben, so ist hier M = m, demnach das Verhältniß der spezifischen Wärmen = 51,6 : 50,3.

410. So zeigten mir wiederholte Versuche, die spezifische Wärme des von mir gebrauchten Essigs, bald etwas weniges grösser, bald etwas kleiner, als die des Wassers, und ein Mittel aus allen, gab mir mit einem unmerklichen Fehler, die spezifischen Wärmen beyder Materien von gleicher Grösse. Dies voraus-

gesetzt,

gesetzt, wäre demnach nach der Formel (378.IV) wo jetzt M=m=1 und A=a=1, auch ma wie bisher =0,043, die Leitungskraft des Wassers zum Essig, ebenfalls =1:1 also der Beobachtung (405.) völlig entsprechend.

411. Auf eine ähnliche Art habe ich Versuche mit mehreren Flüssigkeiten angestellt, und die beobachteten Leitungskräfte, mit der Theorie verglichen. Alle bisher untersuchten Substanzen, gaben keine grössere Abweichung von der Theorie, als sich von unvermeidlichen Fehlern der Beobachtung, zumal der spezifischen Schweren und Wärmen der angewandten Substanzen, erwarten läßt.

412. Ich habe bey dieser Gelegenheit gefunden, daß mehrere von den gewöhnlichen Angaben der spezifischen Wärmen der Körper, sehr fehlerhaft sind. Ich hoffe, meine mit möglichster Sorgfalt angestellten Versuche, wenn ich sie in hinreichender Menge beysammen habe, einmal besonders bekannt zu machen.

Vergleichung der Leitungskräfte flüssiger Körper mit festen.

413. Bisher wurden, durch Erfahrungen, sowohl die Leitungskräfte fester Körper unter sich, als flüssiger unter sich, mit der Theo-

rie verglichen. Ich werde nunmehr zeigen, daß auch das Verhältniß der Leitungskraft eines festen Körpers, zu einem flüssigen, nach der bisherigen Vorschrift berechnet, der Erfahrung gemäß befunden wird.

414. Ich werde mich wieder eines der obigen Richmannischen Versuche bedienen, und z. E. die Leitungskraft des Bleyes, mit der des Wassers vergleichen. Dies würde sogleich geschehen können, wenn die bleyerne Kugel, deren sich Richmann bediente, im Durchmesser so groß gewesen wäre, als das Gefäß (386.), worin ich die Erkaltung der flüssigen Materien in der Luft beobachtete.

415. Mein Gefäß hatte 3 engl. Zoll im Durchmesser, und Richmann sagt, daß seine Kugeln 4 englische Zoll im Durchmesser hatten. Die Temperatur der Luft, in der ich die Erkaltung der flüssigen Materien beobachtet hatte, war 12,5 bis 13 Reaumurische Grad, also beynahe der Temperatur von 60½ Farenheitischen Graden gleich, in der Richmann seine bleyerne Kugel erkalten ließ. Ein Unterschied von einem Grade in der äussern Temperatur, hat, wie sich leicht zeigen läßt, keinen erheblichen Einfluß auf den Erkältungsexponenten. Und ich kann daher annehmen, daß beyde Kugeln in Luft von einerley Temperatur erkalteten.

416.

416. Wenn ich Richmanns Beobachtungen, die in farenheitischen Graden angegeben sind, und ohngefähr bis auf den 145 farenheitischen Grad gehen, auf Reaumursche reducire, so finde ich, daß Richmanns bleyerne Kugel, um von 60 Grad Reaumur, bis auf 55 zu erkalten, 4 Minuten 10 Secunden, oder 250 Secunden Zeit gebraucht haben würde. Die Rechnung mag ich nicht hieher setzen, da sie jeder leicht selbst anstellen kann.

417. Nun war aber Richmanns Kugel 4 Zoll im Durchmesser; wäre sie nur 3 Zoll, so groß als mein Gefäß, im Durchmesser gewesen, so würde sie geschwinder erkaltet seyn; Aus dem vorhergehenden ist klar, daß die Zeit der Erkältung der dreyzölligen, sich zur Zeit der Erkältung der vierzölligen sich wie 3 : 4 verhalten würde. (359. IX)

418 Eine dreyzöllige bleyerne Kugel würde also, um von dem 60ten Reaumurischen Grade bis auf 55 zu erkalten, eine Zeit von $\frac{3}{4}.250$ Secunden, (416) oder von beynahe 188 Secunden gebraucht haben.

419. Nun brauchte aber das Wasser in dem Versuche (389.) (bey welchem die Temperatur der äußern Luft beynahe dieselbe als in Richmanns Versuchen war), eine Zeit von

von 80+84+88+93+90 = 435 Secunden, um von 60 Grad bis auf 55 zu erkalten; Also wäre die Leitungskraft des Bleyes zum Wasser = 435 : 188 oder beynahe = 2,3 : 1.

420. Der Theorie nach würde aus dem Vorhergehenden, wenn ich die spezifische Schwere des Bleyes = 11,352 spezifische Wärme = 0,0352 in Vergleichung des Wassers annehme, die Leitungskraft des Bleyes zum Wasser sich wie

$$\frac{1}{11{,}352 \cdot 0{,}0352} : 1$$

d. h. beynahe wie 2,5 : 1 verhalten, welches in der That dem obigen durch Erfahrung gefundenen Verhältniß 2,3 : 1 wieder so nahe kommt, daß der Unterschied blos von den Fehlern in der spezifischen Schwere und Wärme des Bleyes, und daher mit rühren kann, daß vielleicht die Beschaffenheit der Luft, in der Richmann und ich beobachteten, etwas verschieden seyn konnte.

421. So viel übereinstimmende Beweise durch Erfahrungen, sowohl mit festen als flüssigen Körpern, für die Richtigkeit des bisher untersuchten wärmeleitenden Vermögens der Körper, müssen hinreichend seyn, auch die-

diejenigen zu überzeugen, welchen die Gründe, von denen ich ausgegangen bin, nicht ganz einleuchtend seyn möchten.

422. Eine wichtige Folge scheint mir indessen unter andern diese zu seyn, daß der bisher behauptete Satz, flüssige Körper seyen im allgemeinen bessere Leiter der Wärme, als feste, sehr viele Ausnahmen leidet, und weder der bisherigen Theorie, noch auch den Erfahrungen entspricht, vermöge deren z. B. sogleich das Bley die Wärme über zweymal stärker als das Wasser leitet, wenigstens innerhalb den Temperaturen von 60 und 55 Reaumürschen Graden. Innerhalb andern Temperaturen kann sich vielleicht die Leitungskraft etwas abändern, in sofern die Ausdehnung oder Zusammenziehung der Körper, auf ihre spezifischen Wärmen, und Dichten, Einfluß haben; Doch kann diese Aenderung nicht viel betragen.

Ueber die Quantitäten der Wärme in zwey Körpern, von gleichem Volumen und gleicher Temperatur,

423. Hr. Wilke nennt die Quantitäten der Wärme, welche in zwey dem Raume nach

gleich großen Körpern, bey einerley Temperatur derselben, enthalten seyn würde, relative Wärmen, um sie von den spezifischen zu unterscheiden, welche sich blos auf gleiche Massen der Körper beziehen.

I. Es seyen Q,M,A,T ; q,m,a.t, die Quantitäten der Wärme, Massen, spezifische Wärmen und Temperaturen zweyer Körper, so hat man erstlich

$$Q : q = MA\,(n+T) : ma\,(n+T)$$

II. Nun seyen die Dichtigkeiten der Körper D, δ; ihre Volumina V, v, so hat man $M = D.V$; und $m = \delta v$, wie aus der Hydrostatik bekannt ist; also

$$Q : q = DVA\,(n+T) : \delta va\,(n+t).$$

Gesetzt nun, die Volumina und Temperaturen seyen einander gleich, so hätte man in diesem Falle für das Verhältniß der Quantitäten der Wärmen, die nun W, w, heißen mögen, die Proportion

$$W : w = DA : \delta a$$

d. h. die relativen Wärmen der Körper verhalten sich, wie die Produkte der spezifischen Wärmen derselben, in die Dichtigkeiten ih-

rer

rer Materien, welches Hrn. Wilkens Vorschrift, die relativen Wärmen zu finden, erläutern wird.

Ueber die Capacität des leeren Raumes.

424. Ohnstreitig ist auch der sogenannte absolut leere Raum (die Torrizellische Leere) doch noch immer mit Wärmestoffe erfüllt, weil auch diese Leere sich mit den umgebenden Körpern ins Gleichgewicht der Temperatur versetzt, und ein Thermometer in ihr steigt oder fällt, je nachdem die Temperatur der umgebenden Körper zu- oder abnimmt.

Man kann also fragen, wie sich die Capacität des leeren Raumes zur Capacität dieses oder jenen Körpers verhalte, unter der Voraussetzung, der leere Raum habe eben die Temperatur, die der Körper hat.

Es würde absurd seyn, bey der Vergleichung mit dem leeren Raume die Capacität eines Körpers in der Bedeutung zu nehmen, in der sie bisher genommen wurde, nämlich darunter die verhältnißmäßige Quantität der

Wärme, in einer zur Einheit angenommenen Masse eines Körpers zu verstehen, weil bey Vergleichung mit der des leeren Raumes, der Begriff von Masse nicht in Betrachtung kommen kann, und man nur allein die Frage thun kann, wie sich, bey gleicher Temperatur, die Quantität der Wärme, z. E. in einem Kubikschuhe Torizellischer Leere, zu der in einem Kubikschuhe Wasser oder Quecksilber, oder einer andern Materie, verhalte, man also überhaupt die specifischen Capacitäten der Körper, in Vergleichung mit dem leeren Raume, nur allein nach den Quantitäten der Wärme in gleichen Räumen, bey einerley Temperatur, schätzen kann. Ohnstreitig ist die spezifische Capacität des leeren Raumes, oder die Quantität der Wärme in ihm, immer sehr gering, gegen die, wenn ein eben solcher Raum zum Theil mit Materie erfüllt ist, welche durch ihre Anziehungskraft zum Wärmestoffe die spezifische Elasticität desselben schwächt, und also, um dieselbe Temperatur mit dem leeren Raume zu haben, eine viel größere Quantität Wärmestoffes bedarf, als der leere Raum selbst, in welchem die Wärmetheilchen, mit ihrer natürlichen und durch keine Anziehung afficirten Dehnkraft verbreitet sind. Gedenkt man sich daher in dem Lavoisierischen Apparat

rat z. E. einen Kubikschuh Wassers von einer gewisser Temperatur T hineingebracht, so wird solcher, um bis auf Null abzukühlen, eine Quantität Eis schmelzen, welche außerordentlich groß seyn wird, gegen diejenige, welche blos ein Kubikschuh torrizellischer Leere, bis zu gleicher Kühlung, schmelzen würde, ja ich bin überzeugt, daß die letztere Quantität Eises, (welche man nach Abzug derjenigen erhalten würde, welche die Materie des Gefäßes, worinn man sich die torizellische Leere vorstellen muß, für sich allein schmelzen könnte) gegen die erstere völlig unangeblich, und verschwindend seyn würde; Wie gering ist nicht schon die Quantität Eis die z. E. ein Kubikschuh Luft in dem Apparate schmelzen kann, gegen die, welche ein Kubikschuh Wasser, von eben der Temperatur, schmelzt, noch wie viel geringer muß sie nicht seyn, wenn statt jenes Kubikschuhes Luft, so gar ein Kubikschuh torizellischer Leere gedacht würde, doch wird sie nicht ganz Null seyn können, weil sonst dem leeren Raume alle Temperatur, und alle Aenderungen derselben, abgesprochen werden müßten. Daß indessen der leere Raum, ohngeachtet seiner geringen Quantität von Wärme, dennoch eben die Temperatur haben kann, als ein eben so grosses Volumen von

einem

einem materiellen Körper, das rührt von der großen spezifischen Dehnkraft des Wärmestoffes im leeren Raume her, vermöge der er, bey einer sehr geringen Dichte, dem ohngleich dichtern, aber minder elastischen Wärmestoffe, zwischen den materiellen Theilen eines Körpers, das Gleichgewicht halten kann, wie z. E. die lokerere, aber spezifisch elastischere brennbare Luft in einem Aerostat, dem Gegendrucke der äußern, zwar dichtern, aber minder elastischen, atmosphärischen, es hält.

Inhalt.

	Seite
Vorläufige Begriffe über freye und gebundene Wärme, Gleichgewicht der Wärme ꝛc.	1—10.
Quantität der Wärme	10 ꝛc.
Dichtigkeit der Wärme	15.
Spezifische Elasticität derselben	16.
Kraft der Wärme	24.
Thermometrie	40 ꝛc.
Niedrigster Grad der Wärme	42.
Spezifische Wärme, Capacität.	46.
Folgerungen daraus	49.
Quantität der Wärme im Wasserdampfe	52.
Zersetzung der Wasserdämpfe	54.
Ueber das Schmelzen des Eises	66.
Permanent-elastische Flüssigkeiten, Wärme bey Mischungen u. dgl.	72.
Andere Fälle, bey denen empfindbare Wärme durch Aenderung der Capacitäten entsteht.	98.
Einige Betrachtungen über die durch das Reiben der Körper entstandene Wärme.	119.
Gesetze des Brennens	128.
Hrn. Lavoisiers Oxygen	137.
Das Phlogiston spielt bey der Theorie der Verkalchung und Reduction der Metalle eine überflüssige Rolle.	145.
Wie das Sonnenlicht den Wärmestoff modificire	156.
Aufgaben über die spezifische Wärme der Körper.	164.
Anwendung auf Mischungen gleichartiger Körper.	172.
Merkmale wenn zusammengemischte Körper das Gleichgewicht der Temperatur erreicht haben.	178.
Capacität der Luftarten	194.
— — der Wasserdämpfe	196.
Ueber den niedrigsten Grad der Wärme.	199.
Man kann aus den Versuchen darüber, nichts in Ansehung einer chemischen Bindung oder Entbindung von Wärmestoff schliessen.	208.

Ueber

Seite
Ueber Hrn. Lavoisiers Verfahren die spezifische Wärme der Körper zu finden 209.
Dessen Methode, den niedrigsten Grad der Wärme zu bestimmen 221.
Ueber den Grad der Genauigkeit in der Bestimmung dieses niedrigsten Wärmegrades 224.
Erkältungsgesetze der Körper, Mittheilung der Wärme, wärmeleitende Kraft 228.
Erkältungsexponent 229.
Ueber die Erkältungsexponenten, wenn Körper in einerley Mittel erkalten 239.
Ueber die Aenderung der Temperaturen zweyer Körper in gleichen Zeiten, und in einerley Mittel 241.
Fortsetzung dieser Untersuchungen 245.
Formel für die wärmeleitende Kraft der Körper 249.
Vergleichung des durch die Theorie gefundenen Leitungsvermögens der Körper mit Erfahrungen 251.
Leitungskräfte der Metalle 255.
Die Erfahrungen darüber stimmen mit der Theorie so gut überein, als man verlangen kann 257.
Ueber die Leitungskräfte flüssiger Substanzen in Gefäßen, aus eigenen Versuchen 258.
Leitungskräfte von Quecksilber und Wasser 267.
— — Leinöl und Wasser 272.
— — Essig und Wasser 274.
Stimmen sämmtlich mit der Theorie vortreflich überein 279.
Vergleichung der Leitungskräfte flüssiger Körper mit festen 279.
Widersprechen der Theorie ebenfalls nicht. 282.
Relative Wärme. 283.
Ueber die Capacität des leeren Raums. 285.

Einige Druckfehler.

S. 148 Z. 7 statt Antiphlogistiker l. Phlogistiker.
Z. 12 statt Soffe l. Stoffe.
S. 154 Z. 5 statt ihr l. ihm.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Mayer, Johann Tobias,

Ueber die Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs

Erlangen 1791

Phys.sp. 453 k
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10134297-0
VD18 11391472